JAHRGANG 70. 1920. HEFT 4 BIS 6.

Der Marktbrunnen in Rottenburg am Neckar.

(Mit Abbildungen auf Blatt 16 im Atlas.)

Wie erinnerlich hat in den Jahren 1909 und 1910 der Marktbrunnen in Rottenburg und seine beabsichtigte Wiederherstellung die Freunde alter und neuer Kunst lebhaft beschäftigt, und ein Streit war darüber entbrannt, ob es richtig sei, den alten Brunnen, so wie er war, nach Vornahme der noch möglichen Flickarbeiten zu erhalten, bis er schließlich sein Dasein erfüllt habe, oder an seine Stelle eine Nachbildung zu setzen, das Urbild aber in einem Museum aufzubewahren; oder schließlich, natürlich ebenfalls unter Erhaltung des Urbildes im Museum, an die Stelle des alten ein neues Kunstwerk zu setzen. Es ist nicht meine Absicht, hier diesen Streit, in den ich übrigens nicht verwickelt war, zu erneuern, sondern es sei lediglich über die Wiederherstellung, richtiger gesagt Erneuerung des Marktbrunnens sowie meine Mitwirkung dabei berichtet und diesem Bericht einige Daten und Mitteilungen aus der Geschichte des Brunnens, der voraufgegangenen Wiederherstellungen und seinen Zustand vor dem Abbruch und der Erneuerung voraufgeschickt.

Abb. 1. Ansicht nach der Erneuerung von Eberlein 1848.

Mechthild, die Gemahlin Herzog Albrechts VI. von Österreich, stiftete im Jahre 1470 ihrer Stadt Rottenburg, der sie viele Wohltaten erwies und in der daher das Andenken an „das Fräulein von Österreich" bis auf den heutigen Tag fortlebt, den Marktbrunnen. Diese bedeutende Frau, die vielfache wissenschaftliche und künstlerische Interessen beseelten, war eine Tochter des Kurfürsten Ludwigs III. von der Pfalz und in erster Ehe mit dem Grafen Ludwig von Württemberg vermählt. Der Sohn aus dieser Ehe, Graf Eberhard im Barte, ist der Stifter des Marktbrunnens in Urach, der übrigens dem etwas späteren Geschenk Mechthilds an künstlerischer Wirkung und Pracht nachsteht. Der Rottenburger Brunnen erhielt seinen Platz vor der Südwestecke der St. Martinskirche, wo er in seinem reich gegliederten zierlichen Aufbau vor der ruhigen Westwand der Kirche trefflich zur Geltung gelangt und zugleich eine Anlehnung an die den Kirchplatz umsäumenden Giebelhäuser fand. In seinen ganzen Abmessungen ward er auf seine Umgebung in vorbildlicher

Weise gestimmt, und die Erscheinung des Brunnens mit der fast ungegliederten Westseite der Kirche, deren Turm und den anschließenden Bürgerhäusern im Hintergrund ergibt ein Bild von so hohem künstlerischem Reiz, daß auch große Städte Rottenburg hierum beneiden können. Zwar ist der Turm der St. Martinskirche, in seiner Helmlösung an St. Marien in Reutlingen erinnernd, erst 1487 von Hans Schwarzacher vollendet worden, mithin erst 17 Jahre nach der urkundlich bezeugten Stiftungszeit des Brunnens; es ist aber wahrscheinlich, daß dieser erst längere Zeit nach 1740 fertig wurde. Seine reichen Gliederungen und die zierlichen Stein- und Bildhauerwerke erheischten eine lange Arbeitszeit, und so erscheint es nicht ausgeschlossen, daß Brunnen und Turm, die in enger Beziehung zueinander stehen, vom gleichen Meister geplant wurden und miteinander zur Ausführung gelangten.

Die Jahrhunderte scheint der Brunnen verhältnismäßig gut überdauert zu haben, wenigstens zeigt eine von J. A. Pflanz aus dem Anfang der vierziger Jahre des 19. Jahrhunderts stammende Zeichnung (Text-Abb. 2) ihn auch in Einzelheiten noch wohlerhalten. Es ist aber wohl möglich, daß Pflanz einige Ergänzungen in seiner Zeichnung vorgenommen hat, denn die kurz darauf im Jahre 1848 einsetzende, vom Bildhauer Eberlein vorgenommene Wiederherstellung erneuerte das gesamte Pfeiler- und Strebewerk und den Sockel des Aufbaues (Text-Abb. 1). Ob nun diese umfassende Erneuerung durch die Baufälligkeit und Schadhaftigkeit der betreffenden Teile notwendig wurde, oder ob es sich um eine aus den damaligen Anschauungen zu erklärende mehr willkürliche Ergänzung handelte, läßt sich leider nicht mehr feststellen; denn der einzig Überlebende aus der Schar der damaligen Bildhauer und Steinmetzen wußte mir keine Auskunft zu geben. Sicher ist, daß die Erneuerung des Sockels in ganz willkürlicher Weise geschah, denn nach dem Pflanzschen Stich stand der Aufbau des Denkmals auf einer stark anlaufenden Schräge im regelmäßigen Sechseck, welche den wulstartig gestalteten Sockel der Mittelsäule trug. Die Achsenstellung dieses Sechseckes entsprach genau jener des ganzen Brunnenaufbaues, der in der Grundrißform des Sechseckes, genau genommen zweier ineinander geschobenen gleichseitigen Dreiecke, aufgebaut ist. In der Mitte von dreien der Sechseckseiten saßen die drei Leitröhren für das Wasser. Eberlein hat nun die große Sockelschräge der Brunnenplinte fortfallen lassen und den Aufbau auf eine ebene Platte gestellt; hierauf hat er einen zweiteiligen, im Geschmack der Neugotik seiner Zeit gehaltenen Sockel in der Achse verdreht aufgesetzt, so daß seine Ecken auf die Mitten der Sechseckseiten fallen. Auch

Abb. 2. Der Marktbrunnen in Rottenburg a. N.
(Nach der Natur gezeichnet von J. A. Pflanz, etwa 1840.)

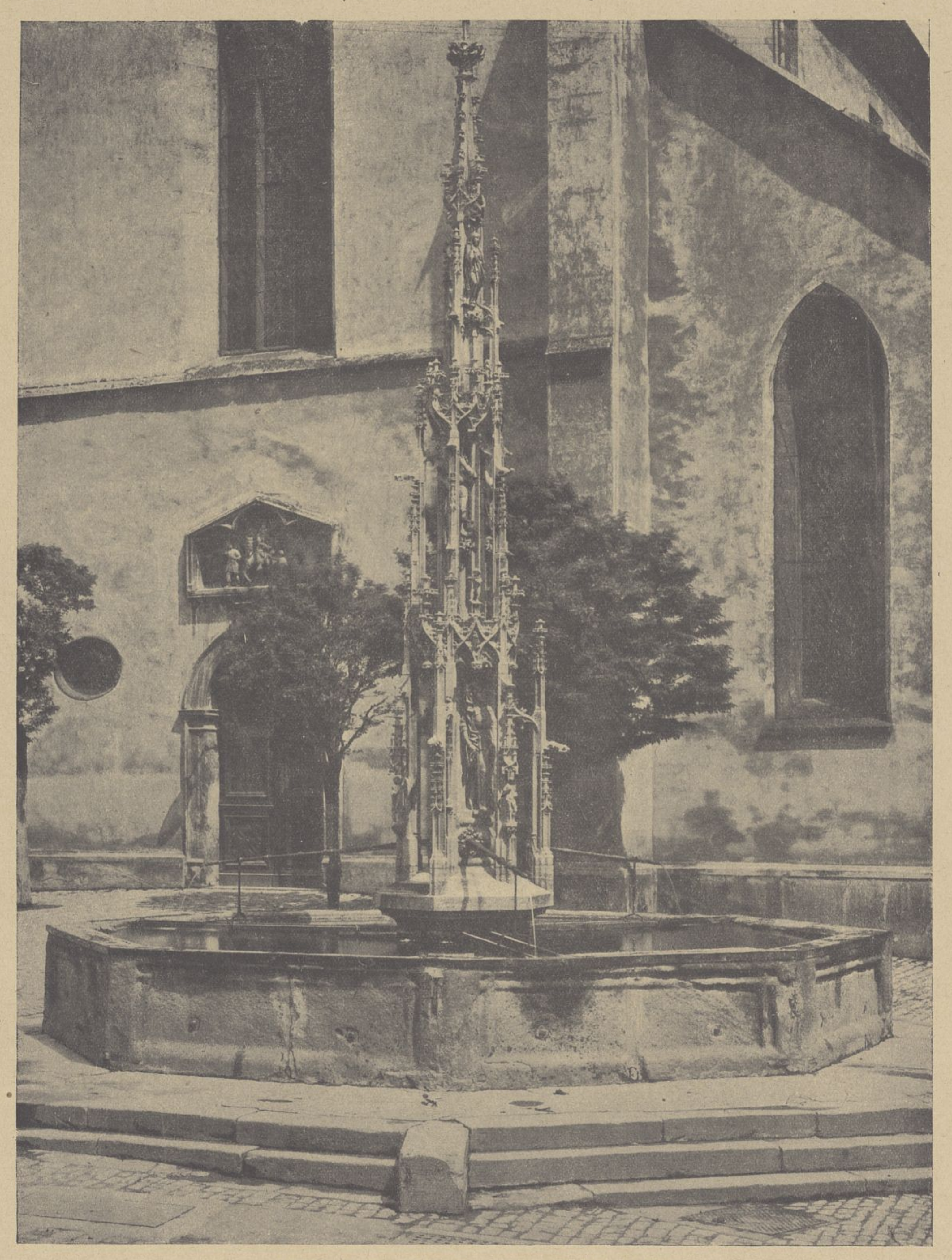


Abb. 3. Ansicht nach der Erneuerung von C. A. Meckel 1919.

sonst hat sich Eberlein mancherlei Eingriffe und Eigenmächtigkeiten gestattet, unter anderem auch den die Fialenstreben und Baldachine belebenden Figurenschmuck, dessen Bedeutung er nicht kannte, nach seinen Ideen verändert.

Auf der Pflanzschen Zeichnung (Text-Abb. 2) erscheint auf der südwestlichen unteren Fialenstrebe eine unbekleidete weibliche Figur, unter dieser ein kleines männliches Figürchen, anscheinend ein Meisterbild. Diese unbekleidete weibliche Figur hat Eberlein fortgelassen und durch eine bekleidete in mittelalterlicher Tracht ersetzt, durch die er die Stifterin Mechthild darstellen wollte. Auf einer zweiten Begleitstrebe hat er dann eine männliche Figur in mittelalterlichem Gewand angebracht, auf der dritten einen Engel ohne Attribute. Mein Vater hat in seinem über den Brunnen abgestatteten Gutachten darauf aufmerksam gemacht, daß die unbekleidete weibliche Figur eine Eva sei, daß an Stelle des Eberleinschen Engels früher der Erzengel mit dem Flammenschwert und an dritter Stelle Adam gestanden habe, und daß es sich um die Darstellung des Sündenfalles handele, dem im oberen Aufsatz des Brunnens das Erlösungswerk, versinnbildlicht durch den Heiland, Maria und Johannes, entspreche. Diese Ansicht ist sicherlich richtig, und ihr wurde bei den Wiederherstellungsarbeiten, wie gleich erwähnt werden soll, Rechnung getragen. Der übrige Figurenschmuck der Brunnensäule blieb, da er noch gut erhalten war, von Eberlein unangetastet, nur die musizierenden Puttenfigürchen, die abwechselnd mit Kreuzblumen die Wimperge der Baldachine krönten, hat er weggelassen und durch Kreuzblumen ersetzt. Wahrscheinlich erschienen ihm diese Figürchen zu willkürlich und ungotisch.

Das Fialen- und Strebewerk der Eberleinschen Wiederherstellung entsprach im großen und ganzen dem von Pflanz dargestellten mittelalterlichen, ebenso der erneuerte Riese unter der noch mittelalterlichen großen Kreuzblume. In der Ausbildung der Einzelheiten aber zeigte sich Eberlein nirgends auf der Höhe; dieselben waren langweilig und stümperhaft, vielfach ganz unverstanden und in ihrer geleckten glatten Behandlung eben der Zeit entsprechend, die sie hervorgebracht hat. Zu seinen Arbeiten verwendete Eberlein grauen Rennfritzhäuser Sandstein, ein Stein, der weder in Farbe noch in Struktur mit dem mittelalterlichen gelblichgrauen Sandstein zusammenging und in der verhältnismäßig kurzen Zeit von sechzig Jahren so gelitten hatte, daß die aus ihm hergestellten Teile schlechter waren wie die mittelalterlichen. Eine kleinere Wiederherstellung, die zu Ende der achtziger Jahre stattfand und die sich auf die Erneuerung einiger Fialenaufsätze und Kreuzblumen bezog, hat Savonnierestein verwendet.

So war aus mittelalterlicher Zeit außer dem Brunnentrog nur die eigentliche Brunnensäule mit den drei übereinander angeordneten Figurenreihen und ihren Baldachinen sowie die obere große Kreuzblume erhalten, allerdings der bei weitem wichtigste Teil des Werkes. Die Wasserröhren entstammen dem 17. Jahrhundert, der Zeit nach dem großen Kriege. Der Zustand der alten Werkstücke war nun ein derartiger, daß ihre Wiederverwendung bei der Wiederherstellung nicht in Betracht kam. Der untere Teil des Schaftes war auf eine Höhe von 20 und 30 cm vollständig ausgewittert und so schwach, daß ihm der schwere Aufbau nicht länger zugemutet werden konnte; bis in den Kern war der ganze Stein der Brunnensäule von größeren und kleineren Rissen durchzogen, die in ganz kurzer Zeit den völligen Verfall des Werkes bei seinem Verbleiben unter freiem Himmel herbeiführen mußten; offene Lager und Salpeterbildungen an den Baldachinen ließen die Profilierungen und die teils über weichem Kern verkrusteten Oberflächen abblättern und zermürben. Ausgenommen hiervon waren nur einige Teile der Figuren, soweit sie unter den Baldachinen vor den Einflüssen des Wetters geschützt waren. Durch künstliche Mittel dem vollkommen verfallenen Zustand beizukommen, war ein Ding der Unmöglichkeit, und so hatte man sich zu einer vollständigen Erneuerung nach Anhören einer Reihe von Sachverständigen entschlossen. Kurz vor seinem Tode hatte auch mein Vater sein bereits oben erwähntes Gutachten, das sich ebenfalls für die völlige Erneuerung des Brunnens und die Erhaltung der mittelalterlichen Teile an geschütztem Orte aussprach, abgefaßt und wertvolle Anhaltspunkte und Anregungen für die Erneuerungsarbeiten gegeben.

Ich wurde zu Anfang Januar 1911 von der Stadtverwaltung nach Rottenburg berufen, um die Wiederherstellungsarbeiten zu begutachten, und meine Mitwirkung wurde begehrt für die Ergänzung der am alten Brunnen fehlenden architektonischen und bildhauerischen Teile und für die Oberleitung der inzwischen bereits durch die Bildhauer Gebrüder Walz aus Rottenburg begonnenen Erneuerungsarbeiten. Ich fand den Brunnen schon abgebrochen vor; nur der Brunnentrog stand noch. Die Bildhauer hatten den von Eberlein bei der Wiederherstellung im Jahre 1848 erfundenen Sockel bereits erneuert und dabei zwischen den nach den Eberleinschen Arbeiten nachgebildeten wasserspeienden Köpfen solche der Stifterin und zweier ihrer Vorfahren nach Urbildern verschiedener Jahrhunderte angebracht. Ganz abgesehen davon, daß eine solche Erneuerung der Eberleinschen Willkürlichkeit fehlerhaft war, war auch die Zusammenstellung der Köpfe in den Stilen des 13., 14. und 15. Jahrhunderts ein unmögliches Beginnen. Der bereits gefertigte Sockel mußte daher für die Verwendung ausscheiden, dagegen konnte der nach dem alten Urbild zum Teil ebenfalls bereits fertige Torso des großen Baldachins beibehalten werden. Für die Wiederherstellungsarbeiten war Krensheimer Muschelkalkstein gewählt und bereits bestellt worden; ich war also an die Verwendung dieses Gesteines an Stelle des alten Sandsteins gebunden. Leider hatte man versäumt, vor dem Abbruch des Brunnens eine genaue zeichnerische Aufnahme zu machen; lediglich Lichtbilder waren angefertigt worden. Der Brunnen lag in seinen Bruchstücken am Boden, und es war nicht ganz leicht, sich in dem vielgliedrigen spätgotischen Aufbau zurechtzufinden. Meine erste Sorge war die Herstellung genauer zeichnerischer Aufnahmen im Maßstabe 1 : 5 und in Naturgröße, um an Hand dieser Zeichnungen die nach den Überlieferungen des Pflanzschen Stiches zu erneuernden Teile entwerfen zu können. Hierzu wurden natürlich auch die Eberleinschen Arbeiten als Anhalte benutzt, da sie immerhin Nachbildungen, wenn auch schlechte, der ehemals noch vorhanden gewesenen alten Teile waren.

Nach Vornahme von Studien an Baudenkmälern der Umgegend, namentlich am Lettner der Stiftskirche in Tübingen, dessen Ornamentierung, Architektur der Baldachine und Figurenschmuck viel Ähnlichkeit mit dem Rottenburger Brunnen

aufweist, wurden die fehlenden Teile entworfen, in Modellen festgestellt und alsdann ausgeführt. Auf diese Weise wurde der Sockel der Brunnensäule, das gesamte Strebe- und Fialenwerk, der Riese über dem obersten Baldachin, die Figürchen Adam, Eva und der Erzengel sowie die Puttenfigürchen auf den Baldachinen geschaffen, während die eigentliche Brunnensäule mit den drei übereinander angeordneten Figurenreihen und Baldachinen nach den alten Originalen genau nachgebildet wurde. Der alte, im Gegensatz zu dem im Sechseck konstruierten Aufbau achteckige Brunnentrog wurde unverändert beibehalten. Beibehalten wurden ferner die Auslaufröhren und die kleinen kupfernen Wasserspeier, die in den beiden großen Baldachinen und in den Konsolen der mittleren Figurenreihe ihren Platz haben und ehemals dazu dienten, bei besonderen festlichen Anlässen Wein, der in Schläuchen in eigens hierzu geschaffene Vertiefungen hinter den Baldachinen gepumpt wurde, zu speien. Ganz besondere Sorgfalt hat man bei der Aufstellung des Brunnens den Versetzarbeiten gewidmet. Die einzelnen Teile wurden durch Messingdollen von entsprechender Länge und Stärke miteineinander verbunden, die ungeschützten freistehenden Fialenaufsätze durch kupferne Verbindungsstege mit Halsringen angehängt. Die Fugen sind durchweg mit Blei ausgegossen und verstemmt worden. Die Arbeiten wurden unter ständiger Kontrolle vorgenommen. In genauen Zeichnungen im Maßstab 1 : 5 wurden alle neu erfundenen Teile durch besondere Farbe gekennzeichnet; diese Zeichnungen sind im Archiv der Stadt Rottenburg in mehreren Abzügen niedergelegt. Über die Geschichte der Erneuerung des Brunnens gibt eine auf der Sockelschräge der Brunnensäule eingelassene Bronzetafel mit folgender Inschrift Kenntnis:

> „Dieser Brunnen, dessen Urbild Erzherzogin Mechthild 1470 der Stadt Rottenburg gestiftet hat, wurde in den Jahren 1910 und 1911 neu erbaut. Die Brunnensäule mit den Baldachinen und den Figuren ward nach den alten Vorbildern, der Sockel und die Fialenstreben nach Überlieferungen erneuert."

Es kann also niemand bei Betrachtung und Studium des Brunnens über dessen Entstehung im Zweifel sein.

Bei der Erneuerung ist der Figurenschmuck der Brunnensäule sowie die große Kreuzblume nach der unter der späteren Eberleinschen Bemalung entdeckten mittelalterlichen Fassung bemalt und vergoldet worden. Die mittelalterlichen Figuren im benachbarten Kilchberg, St. Georg, St. Martin und die Mutter Gottes, die eine auffallende Ähnlichkeit mit den entsprechenden Brunnenfiguren im Mittelteil haben und an denen sich noch die ursprüngliche mittelalterliche Fassung, die Obergewänder vergoldet, die Untergewänder als Brokatstoff mit Ornamenten bemalt, erhalten hat, haben als weitere Anhaltspunkte gedient. Die Bemalung wurde in Wachsfarben vorgenommen.

Das Werk war zum Schlusse des Jahres 1911 so weit gediehen, daß am 8. Dezember die feierliche Enthüllung unter Anteilnahme der ganzen Stadt vor sich gehen konnte. Möge nun das Wahrzeichen Rottenburgs, das zwar nicht im Urstoff, aber in der künsterischen Idee am alten Platz erhalten ist, unter einem günstigen Geschick abermals die Jahrhunderte überdauern und das Andenken an die einstige Stifterin und Wohltäterin fernen Geschlechtern vermitteln.

Meiner Anregung, neben dem Brunnen eine Linde zu pflanzen, wurde seinerzeit aus mir unbekannten Gründen nicht Folge gegeben; meine Absicht, an Stelle des Zementestrichs zwischen den Stufen und dem Brunnentroge Wackenpflaster nach mittelalterlicher Art, wie es sich in einzelnen alten Höfen in Rottenburg noch erhalten hat, anzubringen, konnte auch nicht verwirklicht werden. Doch das sind Nebensächlichkeiten, die dem erfreulichen Eindruck des Ganzen wenig schaden. Reges Interesse haben den Arbeiten der Herr Bischof von Rottenburg, Paul Wilhelm v. Keppler, ferner die Herren Stadtschultheiß Winghofer und Dr. Paradeis, der um die Erforschung der Stadt- und Landschaftsgeschichte verdiente Gelehrte, entgegengebracht, und die ganze Einwohnerschaft Rottenburgs nahm Anteil an der Wiederaufrichtung des Brunnens. Die Wiederherstellung erfolgte in engem Benehmen mit dem Landeskonservator, Prof. Dr. Gradman in Stuttgart. Die mittelalterlichen Stücke des alten Brunnens, Brunnensäule, Baldachine und Kreuzblume, wurden sorgfältig von Schmutz gereinigt und an geeigneter Stelle in der Städtischen Sammlung, dem Studium und der Untersuchung zugänglich, aufgestellt.

Zum Schlusse sei zur Erläuterung der Abbildungen noch folgendes beigefügt: Text-Abb. 2 stellt den Brunnen nach der Pflanzschen Zeichnung, etwa um 1840, dar; Text-Abb. 1 ist eine Teilaufnahme vor dem Abbruch und der Erneuerung und zeigt den von Bildhauer Eberlein willkürlich geänderten Sockel, ferner das Strebe- und Fialenwerk in der Eberleinschen Erneuerung von 1848. Die ganz unmittelalterliche Art des Aufsitzens der Brunnensäule und der Fialen, sowie die schlechte Einzelbehandlung ist deutlich zu erkennen. Bl. 16 im Atlas zeigt die zeichnerischen Aufnahmen und Text-Abb. 3 die Lichtbildaufnahme des Brunnens nach der Erneuerung.

Auf die außerordentliche Leichtigkeit und Eleganz der gesamten Komposition, die sich folgerichtig und logisch auf dem Grundriß zweier ineinandergeschobenen Dreiecke im Sechseck entwickelt, und die hierdurch, je nach dem Standort des Beschauers, immer wieder neue überraschende Bilder zeigt, auf die Zierlichkeit der Konstruktion sowie der Einzelbehandlung, die sich an Hand der Abbildungen leicht verfolgen und nachmessen läßt, sei hier ganz besonders hingewiesen. Die lange Lebensdauer des Werkes hat dem Meister recht gegeben, der kühn und wagemutig für den ungeschützten Standort unter freiem Himmel ein Werk geschaffen hat, wie man es sonst in gleichem Reichtum und gleicher Feinheit fast nur in den Sakramentshäusern im Innern der Kirchen wiederfindet.

Freiburg im Breisgau, im November 1919.

C. A. Meckel.

Beiträge zur Entwicklung des protestantischen Holzkirchenbaues im Posenschen Lande.

Vom Oberlehrer Professor Dr.-Jng. Alfred Grotte in Breslau (bisher Posen).

(Mit Abbildungen auf Blatt 17 im Atlas.)

In einer Studie, die Baurat Kohte-Berlin der „Geschichte des protestantischen Kirchenbaues in der Provinz Posen“ widmet[1]), spricht er mit vollem Rechte von der geringen Beachtung, die man den anspruchslosen Holzbauten bisher gewidmet, und daß man verabsäumt habe, „ihre Gestalt vor der Zerstörung in Wort oder Bild aufzunehmen und der Nachwelt zu überliefern“. Kohte, dem wir die ausgezeichnete Topographie der nun zum größten Teil verlorenen Provinz verdanken, beschreibt zahlreiche Holzkirchen des Landes und weist auf ihren entwicklungsgeschichtlichen Wert besonders hin. Dies waren die Ursachen, die den Verfasser veranlaßten, im Jahre 1911 mit seinen Schülern die alte evangelische Kirche in Obersitzko zu einer Zeit aufzumessen, als ein Neubau der Kirche an anderer Stelle des Städtchens bereits über den Rohbau hinaus gediehen war und der Abbruch des hölzernen Gotteshauses nahe bevorstand.[2])

Der Bau evangelischer Kirchen in der Provinz Posen fällt in den zweiten Abschnitt der Geschichte des Protestantismus in Polen. In dem ersten, der, hoffnungsreich einsetzend, durch jesuitische Gegnerschaft zu Beginn des 17. Jahrhunderts schwer bedroht erscheint, dienten alte vorhandene, ehedem katholische Kirchen dem religiösen Bedürfnis der jungen Gemeinden. Bis auf deren eine[3]) wurden sie später den Protestanten wieder entrissen; vielfach hörte das Gemeindeleben völlig auf.

Der große Krieg des 17. Jahrhunderts, der für die deutschen Lande so viel Elend und Not im Gefolge hatte, wurde anderseits zum Segen für das hart bedrängte Deutschtum Polens. Zahllose protestantische Flüchtlinge aus dem Reiche strömten nach Polen. Wladislaus IV. (1632—1648) befürwortete — obgleich Katholik — diesen Zuzug beim Kaiser (1635). Polnische Magnaten beider Bekenntnisse suchten durch zahllose Flugblätter die Verfolgten zur Niederlassung in Polen zu bewegen und boten ihnen ihren Schutz an. Diese Aufforderung „an alle redliche gutte Leute deutscher Nation, die sich hier in Polen zu setzen willens wären“[4]) hatte besten Erfolg bei den Schutzsuchenden, um so mehr als die polnischen Machthaber ihnen freie Religionsübung zusicherten. Vielfach überschritten ganze Gemeinden mit ihrem Prediger die Grenze.

Hierdurch wurde der Seelenzuwachs in den bestehenden polnischen Städten beträchtlich. Die bereits ansässigen Deutschen erhielten die so notwendige Stärkung in politischer und religiöser Beziehung. Aber ungleich bedeutsamer ist die durch diesen großen Zufluß deutschen Blutes einsetzende Gründung neuer Städte (Rawitsch 1638)[5]) sowie die Anlegung von gesonderten Stadtteilen (meist „Neustadt“ genannt) bei den bestehenden älteren Städten des Landes. Diese Scheidung zwischen Alt- und Neustadt erstreckte sich aber auch auf die Rechte ihrer Bürger. Den Ansiedlern wurden besondere Rechte urkundlich verbrieft, das neue Gemeinwesen erhielt „Magdeburger Recht“. Obersitzko, das hier zunächst behandelt werden soll, erhielt dieses Stadtrecht am 24. März 1638 (Privileg für Johann Georg von Schlichting?).[6]) Hier, wie im Süden Posens überhaupt, waren es zumeist Schlesier, die die Gastfreundschaft Polens nutzten. Ihnen war die alte Heimat verschlossen, im Gegensatz zu brandenburgischen Flüchtlingen, die im Reiche des Großen Kurfürsten wieder ausreichend Schutz zu finden hofften. Denn alles, was der schon genannte Schlichting in Wien und bei den Friedensverhandlungen 1648 für die schlesischen Protestanten erwirken konnte, war, daß sie um des Glaubens willen nicht gerade vertrieben wurden, sondern die Erlaubnis erhielten, außerhalb der Landesgrenze ihren Gottesdienst abhalten zu dürfen (Schmidt, S. 367).

Die nunmehr eingetretene Notwendigkeit, in den zahlreichen Siedlungen Kirchen für die protestantischen Ansiedler neu anzulegen, stellte diese vor ein völlig neues Bauprogramm. Mit Recht sagt Kohte: „die Not wurde zum Segen“. Und darin liegt vielleicht die größte Bedeutung für die baukünstlerische Entwicklung des protestantischen Kirchenbaues; denn es galt die Frage „nach der zweckmäßigsten Gestalt des protestantischen Gotteshauses“ zu lösen. Eile tat not, die Mittel waren gering. Man wählte den Holzbau, der in dem steinarmen und holzreichen Polen der gegebene Werkstoff war. Gleichwohl schien man sich anfangs von der katholischen Überlieferung nicht trennen zu können, wie der erste Bau dieser Art in Bauchwitz erweist, der, in Blockbauweise erstellt, östlich einen rechteckigen Chorraum aufweist. Den gleichen Grundriß weist (nach Kohte) auch die benachbarte Blockholzkirche in Lagowitz auf. Anklänge an ältere Grundrißbeispiele weisen ferner auf die kreuzförmigen Anlagen der Fachwerkkirchen in Schlichtingsheim und Bojanowo (1857 durch Brand zerstört).

In Anlehnung an die Grundrißform spätgotischer Backsteinkirchen der Dörfer Posens zeigen (nach Kohte) die Holzkirchen in Chlastawe, Kranz (bei Bentschen) und Ulbersdorf (bei Fraustadt) eine im Osten dreiseitig geschlossene Anlage. Also auch hier ein Herüberspielen der alten kirchlichen Bauüberlieferung; aber immerhin schon ein Fortschritt gegenüber den vorgenannten Beispielen.

Reine, von der Überlieferung unbeeinflußte, und natürliche Zweckform zeigen uns indessen eine Reihe Kirchenbauten jener Zeit. Sie haben ausgesprochene „Scheunenform“, d. h. den ungegliederten rechteckigen Grundriß. Sollte hier das Innere dem gottesdienstlichen Zweck angepaßt und

1) Ztschr. d. histor. Gesellsch. f. d. Prov. Posen, XII. Jahrg. 1. Heft, 1897.

2) Die übrigen hier mitgeteilten Aufnahmen und Studien sind ähnlichen Beweggründen zuzuschreiben.

3) In Heyersdorf bei Fraustadt (Kohte a. a. O. S. 4).

4) Erich Schmidt, Gesch. d. Deutschtums i. L. Posen, 1904, S. 360, vgl. auch des Verfassers Aufsatz über Rakwitz, S. 11—22, 1918 d. Ztschr.

5) Gründung der Stadt Lissa bereits 1547 durch die „Böhm. Brüder“, Kohte a. a. O.

6) Nach Schmidt a. a. O. S. 366. Kohte nennt (Kunstdenkm. d. Prov. Posen III, S. 40) den Grundherrn Christoph Radziwill, in Übereinstimmung mit Wuttke (s. Fußnote 7).

die nüchterne Kahlheit vermieden werden, so mußte durch Einbauten, Scheingewölbe und vor allem durch Malerei für eine würdige Innendekoration gesorgt werden. Und das ist fast immer in — wenngleich meist naiver — so doch künstlerisch befriedigender Weise erreicht worden.

Nachstehend sollen drei bemerkenswerte Beispiele dieser Art Posener Holzkirchen näher gewürdigt werden: die Fachwerkkirchen in Obersitzko, Rakwitz und das in Bohlenbauweise errichtete kleine Kirchlein in Ehrbahrdorf.

Obersitzko (Obrzycko), an der Warthe gelegen, dürfte als Ansiedlung bis ins beginnende 11. Jahrhundert[7]) zurückreichen. Ende des 14. Jahrhunderts wird es bereits urkundlich erwähnt, 1458 unter den adeligen Städten aufgeführt (E. Schmidt a. a. O.). Erbherr Radziwill erwirbt für Obersitzko im Jahre 1638 das magdeburgische Stadtrecht und für die — wie oben erwähnt — zuziehenden Ansiedler die Abschaffung der polnischen Gebräuche und Gesetze, Abgabenfreiheit auf 8 Jahre — alles unter Vorbehalt der Rechte der katholischen Kirche. Weitere, 1643 verliehene Sonderrechte sollten den Zuzug verstärken, der in der Folge hauptsächlich deutsche Weber und Tuchmacher[8]) in Obersitzko ansässig machte. Bis 1734 gehörte die junge lutherische Gemeinde zur Kirche in Pietrowo; aber die in Obersitzko erbaute Kirche brannte bereits am 15. Juni 1739 ab. Der Neubau des Gotteshauses, das in seinen Plänen und Einzelheiten auf Bl. 17 dargestellt ist, mußte mit größter Beschleunigung durchgeführt werden, da die Katholischen nunmehr der Gemeinde den Kirchenplatz streitig machten. Diesen Umtrieben ist es wohl auch zuzuschreiben, daß die Kirche 1746 auf längere Zeit gesperrt wurde (22 Jahre!).



Abb. 1. Neue evangelische Kirche in Obersitzko.

Der Grundriß zeigt ein Rechteck von etwa 17/11,50 m; die ausgemauerten, eng gestellten Fachwerkstiele sind 21 cm breit. Die dreischiffige Anlage zeigte ringsumlaufende Emporen in zwei Geschossen, den ins Mittelschiff vorgeschobenen Altar und die Kanzel an einer Stütze des südlichen Seitenschiffes. Das Mittelschiff ist auffallenderweise, entsprechend der Dachstrebenform, mit abgekanteter, verschalter Decke (Abb. 6 Bl. 17) versehen, wodurch diese künstlerisch wertvoller erscheinen mag als die sonst hier üblichen Scheintonnen[9]) (vgl. Rakwitz). Dieses Anpassen an die konstruktive Form des Daches im Verein mit der überall sichtbaren handwerkmäßigen Unterkonstruktion der Emporen verlieh dem Innenraum eine überaus gefällige Wirkung, die auch sonst in jeder Hinsicht als befriedigend zu bezeichnen war. Noch mehr galt dies von der farbigen Wirkung des Inneren. Von der Kirche in Chlastawe schreibt Kohte: „Alles mutet den Beschauer an, wie ein Nachklang jener gesunden Freude, die das Mittelalter an Bild und Farbe empfand; es scheint, als wollte die Gemeinde mit der Wiederaufrichtung und Ausschmückung des Kirchleins vor den Gegnern ein Bekenntnis ihres Glaubensmutes ablegen.“ Das galt auch für Obersitzko, dessen Altar, Kanzel und Brüstungen in leuchtenden Farben gemalt waren; allerdings wurde die einheitliche Wirkung des Raumes durch die grelle Kalktünche der Decke, Stiele und Unterkonstruktionen der Emporen empfindlich gestört.[10]) Die Austattungsstücke der Kirche, Altar, Kanzel, Blaker, Erinnerungs- und Wappentafeln sowie die gemalten Brüstungen sind beim Neubau der Kirche mit gutem Verständnis wieder verwendet worden (Text-Abb. 1.)

Der Turm ist erst in späterer Zeit an die Kirche angefügt: nach Wuttke wurde dessen Errichtung erst 1775 gestattet. Die Wetterfahne trägt die Inschrift „S. B. K. 1781“.

Zur Errichtung dieses Turmbaues war die Genehmigung des Warschauer Reichstages erforderlich. Es scheint, daß die katholischen Machthaber das Aufführen dieser Türme stets mit scheelen Augen betrachteten. Auch im Frieden von 1648, der die Erbauung evangelischer Kirchen für Schlesien nur in den Hauptstädten Jauer, Schweidnitz und Glogau zuläßt, ist ausdrücklich nur von Fachwerk ohne Turm die Rede. (Beachtenswert sind auch die verkümmerten Turmansätze[11]) bei Synagogen des inneren Polens; ihre Höherführung mußte mutmaßlich auf Beschwerde der katholischen Geistlichkeit hin unterbleiben; wiederholt wurde auch Einspruch gegen die hohen Dächer dieser Synagogen erhoben, die nach talmudischer Vorschrift die Dächer der Wohnhäuser überragen sollten.)[11])

Auch das Äußere des Turmes zeigt die gleiche gute Verschmelzung von Konstruktion und Form. Der nahezu quadratische Unterbau, in ausgemauertem Fachwerk errichtet,

7) Diese und die folgenden geschichtlichen Angaben nach Wuttke, Städtebuch d. L. Posen, Leipzig 1864.

8) Vgl. Fraustadt. Aufs. d. Verf. i. d. Denkmalpflege Nr. 6, 1918.

9) Kohte (Kunstdenkmäler III, S. 43) spricht wohl irrtümlich von einem „Tonnengewölbe“.

10) Auf Anregung des Verfassers ist das Kircheninnere kurz vor dessen Abbruch von dem Posener Kunstmaler Heinrich Blanck gemalt worden. Das Bild und seine Wiederholung wurden von der Baugewerkschule bzw. vom Museum in Posen erworben.

11) Nasielsk, Wolpia, Pohrebyszcze (Ukraine) usw. Vgl. des Verfassers „Synagogentypen vom 11. bis 19. Jahrh. Berlin 1915.



Abb. 2. Evangel. Kirche in Rakwitz.
Erb. 1662, Turm von 1781.

überragt die Traufenhöhe und geht hierauf in (Abb. 7 Bl. 17) ein aufgesetztes, kleineres Aufbaustück über, dessen obere Hälfte den Glockenstuhl trägt. Die Verbretterung dieses Turmteiles sowie der Giebel bezweckten eine Entlastung des Unterbaues; anderseits brachten sie zu dem eintönigen Fachwerkäußeren mit ihrer dunklen Färbung einen erwünschten Gegensatz.

Verwandt im Grundriß und Aufbau mit dem Kirchlein in Obersitzko ist die noch erhaltene Holzkirche in Rakwitz. Die Vorgeschichte dieser Stadt, die als von polnischer Seite bewirkte deutsche Ansiedlung anzusehen ist, mag gerade in gegenwärtiger Zeit, da diese deutsche Stadt dem neuen Polen zugesprochen wird, besondere Beachtung verdienen. Sie ist in des Verfassers Aufsatz in dieser Zeitschrift (1918, S. 13 bis 22) eingehend behandelt und braucht hier nicht wiederholt zu werden. Die Kirche ist (nach Kohte) 1662 errichtet, also gleichzeitig mit dem Bau des Städtchens. Sie zeigt die gleiche Grundrißanlage wie Obersitzko, ist aber im Mittelschiff mit einer Scheintonne überdeckt, deren Brettfugen mit Leistenüberdeckung und profilierten, schmalen Graten versehen sind. Die Zimmerarbeit ist recht reif, aber im Gegensatz zu Obersitzko mit seinen urwüchsigen Stützen und Knaggenformen, wird hier der künsterisch-malerische Eindruck durch die gekünstelten, glatten Formen verwischt. Es fehlt auch die reiche Farbenwirkung der Malerei; der Eindruck ist ziemlich nüchtern und eintönig. Auffallend ähnlich sind die beiden Altäre, und es ist nicht von der Hand zu weisen, daß hier der gleiche Meister tätig war, hier wie dort den Altar durch eine Figur des neuen bzw. alten (Moses) Testamentes flankierend (Text-Abb. 3). Die Binderbalken sind sichtbar gelassen und mit zarten Profilen allseitig versehen, während die Emporenbalken glatt gehobelt in die Erscheinung treten. Die Kanzel, die in Obersitzko einen auffallenden, an gute Beispiele des katholischen Barock gemahnenden Reichtum aufweist, ist hier schlicht und wenig ansprechend, mutmaßlich dem nüchternen Handwerksmeister des Kirchenbaues selbst zuzuschreiben (Text-Abb. 4). — Der von untenauf verbretterte Turm (Text-Abb. 2) ist auch hier später (1781) errichtet (die Mittel hierzu waren der Gemeinde testamentarisch durch einen wohlhabenden Bürger zugefallen); in seiner Form ist er dem zu Obersitzko ungemein ähnlich.



Abb. 3 Blick nach dem Altar.

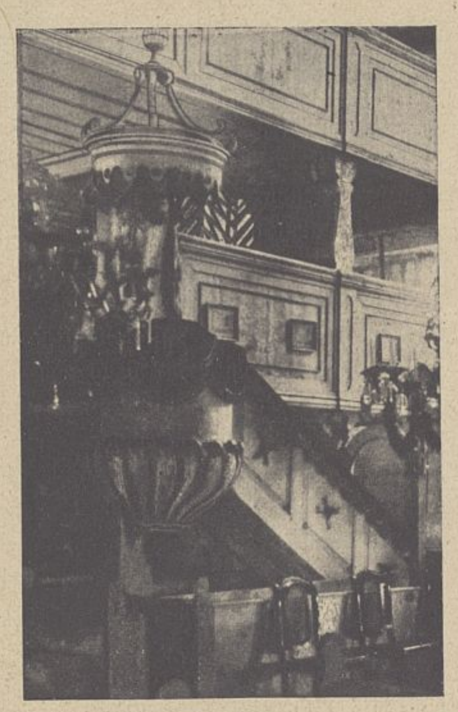


Abb. 4. Kanzel.

Abb. 3 u. 4. Evangel. Kirche in Rakwitz. 1662.

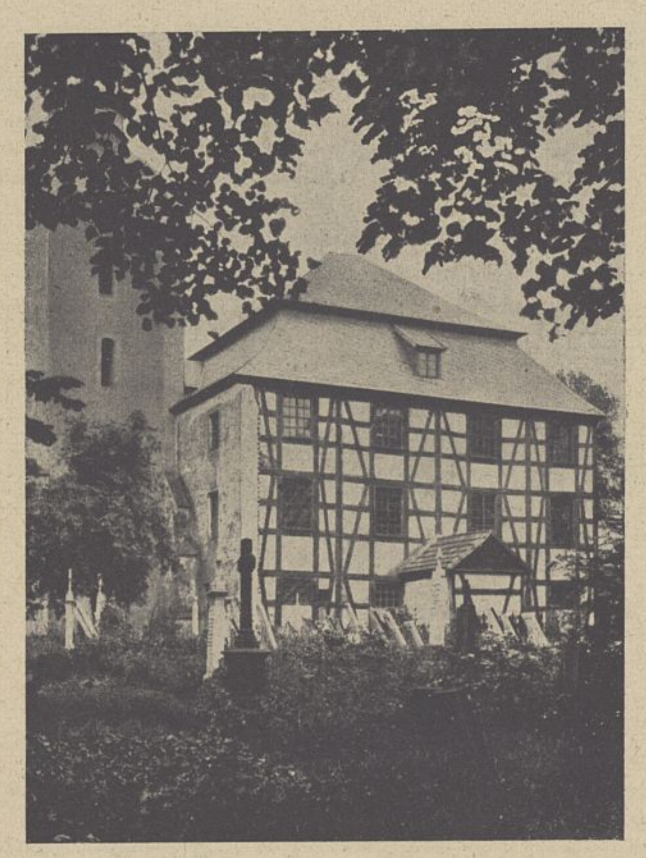


Abb. 5. Evangel. Kirche in Alt-Driebitz. Südseite.

Über die Geschichte der Kirche wird in deren Akten und Büchern manches Bemerkenswerte berichtet. Wir erfahren, daß der Starost die Einwilligung zum Baue nur zögernd gab. Der erste Geistliche der jungen Gemeinde, Christof Eccard, verließ sein Amt „wegen höchst widriger Schicksale und wegen Mangels des notdürftigen Lebensunterhaltes" — wie er selbst ins Kirchenbuch schreibt. 1682 erfolgte eine Ausbesserung des Gotteshauses, zu welcher die Nachbargemeinden (vor allem das eingepfarrte Graetz) beisteuerten. Die Evangelischen standen unter der Aufsicht des Propstes, der ihnen, als 1703 das Dach schadhaft wurde, nur die Erneuerung einiger Schindeln gestattete. Als er aber auf einige Zeit abwesend war, ließ der Kirchenvorstand eine Dachseite ganz, die andere zur Hälfte umdecken, wofür 10 Dukaten Strafe entrichtet werden mußten.

Nicht minder eigenartig vollzog sich 1763 die Ausbesserung der mittlerweile morsch gewordenen Außenmauern. Aus Furcht wurden diese hart hinter den vorhandenen von innen aus aufgeführt, wobei indessen polnische Mitbürger heimlich und unentgeltlich behilflich waren. Der katholische Geistliche ließ den Bau scheinbar unbemerkt aufführen, verlangte aber hernach für den Fürstbischof und das katholische Konsistorium eine Geldbuße von 200 Dukaten; außerdem sollten zwei Mitglieder dieses Konsistoriums je 24 Dukaten erhalten, damit ihr Bericht in dieser Sache an ihre Behörde für die Evangelischen günstig erstattet werde. Auch die Frau Starostin erhielt „für ihre Hilfe und geleisteten Schutz" gemäß ihrer Forderung 100 Dukaten.

Ein unerwarteter Umbau der Kirche fand im Sommer 1705 statt, als in Rakwitz schwedische Soldaten im Quartier lagen. Auf Befehl ihres Rittmeisters wurde das Gotteshaus gründlich ausgebessert und alte Wände durch neue ersetzt, auch ein neues Pflaster um das Gebäude gelegt.

Von weiteren Fachwerkbauten berichtet Kohte. Hier sei ergänzend noch in Text-Abb. 5 die Südseite der Kirche in Alt-Driebitz veranschaulicht, die im Laufe des 17. Jahrhunderts[12]) erweitert wurde, wobei einzelne Mauern in Fachwerk erstanden. Die Kirche, die doppelte Emporen über quadratischem Grundriß aufweist, ist innen kaum als künstlerisch beachtenswert zu bezeichnen.

(Nicht uninteressant mag es erscheinen, daß diese neue Art des Kirchenbaues auch vorbildlich für andere Sakralbauten[13]) wurde, nämlich für die Synagogen im westlichen Polen. Dies gilt besonders für den Fachwerkbau, der sich eng an das Beispiel nahegelegener evangelischer Kirchen anlehnt. Ältere Synagogen entlehnten ihre Bauart den katholischen Schrotholzkirchen des Landes.[14]) In Pinne und Deutsch-Krone (Text-Abb. 6) entstanden Anfang des 19. Jahrhunderts Gotteshäuser in Fachwerkbau, innen mit verbretterten Scheintonnen, den evangelischen Beispielen fast sklavisch nachgeahmt.)



Abb. 6. Synagoge in Deutsch-Krone.

Zeigen demnach die Holzkirchen der Protestanten im westlichen Polen in den Schrotholzbauten die Anlehnung an ältere polnische Bauweise und im Fachwerkbau die Überlieferung heimatlicher Handwerkskunst, so erscheint eine Gruppe Kirchenbauten des nordwestlichen Teiles von Posen um so bemerkenswerter, als hier bauliche Einflüsse gänzlich anderer Art festzustellen sind: Die harten Glaubenskämpfe in den Niederlanden bewirkten schon im 16. Jahrhundert eine starke Abwanderung der Wiedertäufer „gen Osten". Aber nicht nach Preußen allein. Vor allem war es das polnische Danzig, das in seiner Baukunst durch die zuwandernden Holländer aufs

12) Kohte a. a. O. (Denkmäler III) S. 172.

13) Näheres in einem Aufsatz des Verf. in „Monatshefte für Kunstwissenschaft", Mai 1918.

14) Kurnik, s. Zentralblatt d. Bauverwaltung 1916, S. 341.

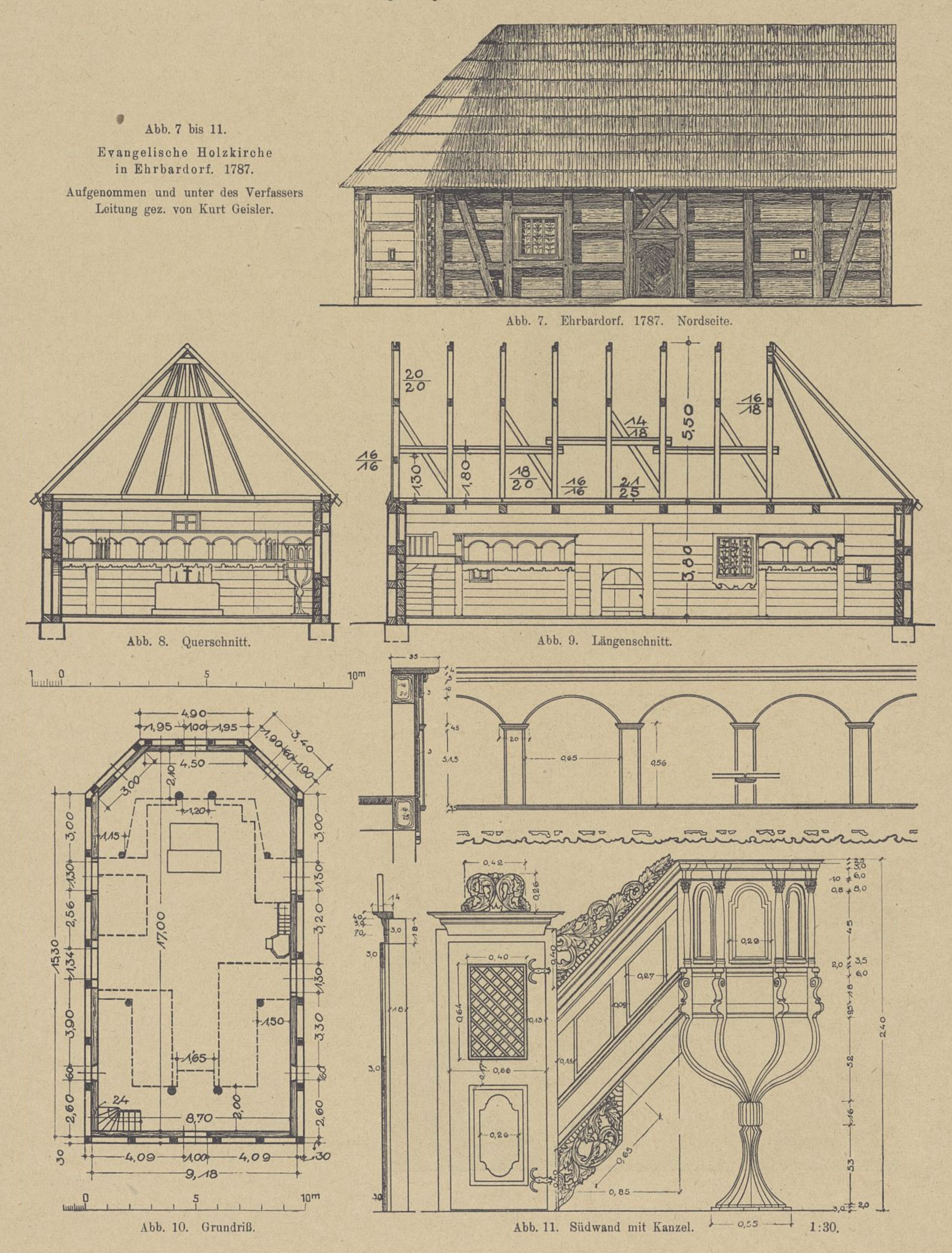


Abb. 7 bis 11.

Evangelische Holzkirche in Ehrbardorf. 1787.

Aufgenommen und unter des Verfassers Leitung gez. von Kurt Geisler.

Abb. 7. Ehrbardorf. 1787. Nordseite.

Abb. 8. Querschnitt.

Abb. 9. Längenschnitt.

Abb. 10. Grundriß.

Abb. 11. Südwand mit Kanzel. 1:30.

köstlichste befruchtet wurde. Weniger bekannt und noch weniger erforscht ist jedoch der Einfluß holländischer Einwanderer auf das flache Land in Polen geblieben.

Stephan Bathory, der 1577 wochenlang vor Danzigs Toren mit seiner Heermacht lagern mußte, wurde auf die schmucken Holländerhäuschen aufmerksam, die inmitten saftiger Wiesen auf ehedem sumpfigem Gebiet errichtet waren. Seinem Einflusse ist jedenfalls eine starke Zuwanderung holländischer Bauern zuzuschreiben, denn schon nach einem Jahre weisen die Urkunden des polnischen Reichstages Maßnahmen für diesen Zuzug auf. Der Adel folgte bald dem Beispiele der Krone. 1594 erfahren wir von Verträgen des Erbherrn Przylubski mit Holländern im Bromberger Gebiet; bald folgten auch die geistlichen Herrschaften (Domkapitel Gnesen 1611), was um so beachtenswerter erscheint, als die unduldsame Zeit Sigismunds III. wenig geeignet erscheinen mußte, neue Ansiedlungen für Protestanten zu schaffen. Solche entstanden nun in überaus großer Zahl; aber ein geschlossenes Gebiet ist eigentlich nur noch im Kreise Filehne erhalten. Dort lag rechts der Netze 1580 nur eine einzige Ortschaft, und entstanden während der folgenden 70 Jahre auf bisher ödem und sumpfigem Gelände nicht weniger als 13 neue Dörfer außer einer Reihe von Mühlen und Hämmern, die gleichfalls von Deutschen betrieben wurden.[15])

Zu diesen 13 Orten zählt auch Ehrbahrdorf, dessen altes Kirchlein in Text-Abb. 7—11 dargestellt ist.[16]) Als Begründer einer dieser Kolonien wird Johann Czarnkowski genannt, dessen Gemahlin, die geborene Herburt von Fulsztyn, schon 1593 bei Schwetz mit ihrem ersten Gemahl eine solche Siedlung gründete. So entsteht 1632 die neue Kolonie, aus vier Ortschaften bestehend, von denen zwei den Namen der Gönnerin tragen: Herburtsdorf (jetzt Ehrbahrdorf), Fulsztynsdorf (jetzt Follstein), Mariendorf und Neuhöfen. Kohte berichtet (Denkmäler III, S. 184—186) über die protestantischen Kirchen des Filehner Kreises; aus Follstein und Neuhöfen ist nur kurze Nachricht gegeben. Follsteins Kirche, 1637 errichtet, wurde 1871 abgebrochen; jene in Neuhöfen wird als Schrotholzbau, außen mit Fachwerk umkleidet, beschrieben, 1792 an Stelle eines abgebrannten Baues errichtet.

Die 1787 erbaute Kirche in Ehrbahrdorf zeigt demnach mit den von Kohte erwähnten Übereinstimmung. Nur ist hier statt des schlichten Rechteckes eine dreiseitig gebrochene Ostwand aufgeführt worden (vgl. weiter vorne Chastawe, Kranz und Ulbersdorf). Vielleicht wollte man wenigstens hierdurch die allzugroße Nüchternheit im Äußeren des Gotteshauses vermeiden, das jedes anderen Schmuckes bar ist. Die Herstellung der Außenwände ist wohl die gleiche wie in Neuhöfen; beide sind ja auch nahezu gleichzeitig errichtet worden: Bohlenwände, etwa 24 cm stark, die Fachwerkstiele 30/30 cm. Nur wenige Fenster erleuchten den Raum, der i. L. 3,80 m hoch und mit sichtbarer Holzbalkendecke abgeschlossen ist. Um die wenigen Fenster nicht völlig zu verdecken, weichen ihnen die Emporen aus, deren je eine an der Ost- bzw. Westseite vorhanden ist. Als einziges Schmuckstück ist die Kanzel anzusehen mit anmutiger barocker Zier, die eine geschickte Überleitung von der niederen Tür zur höheren Kanzel zeigt.

Diese holländischen Gemeinwesen waren auf dem Grundsatz gegenseitiger Hilfsbereitschaft aufgebaut. Bei unverschuldetem Unglück, Verlusten durch Diebstahl, Brand usw trat die Gemeinde für den einzelnen ein oder führte Umlagen durch. Umgekehrt waren alle Bürger zu Bauten verpflichtet, die das Gemeinwohl erforderte (Wege-, Gräben- und Brückenbau usw.). Auch dieses in seiner schlichten Einfachheit rührend anmutende Gotteshaus ist wohl als Ergebnis solcher Gemeinarbeit anzusehen, zu der jeder sein Bestes leistete.

Die kleinen — und leider auch größeren — evangelischen Gemeinden Posens gehen einer schweren, sorgenvollen Zukunft entgegen. Was diese aber in früheren Jahrzehnten geleistet haben an Trotz und Ausdauer, an opferwilliger Arbeit und Selbsthilfe, möge ihr Bewußtsein in den Kämpfen, die ihnen bevorstehen, stärken und ihnen Mut und Kraft verleihen!

15) Die Geschichte dieser Holländersiedlungen in Erich Schmidt (S. Fußnote 4). Noch heute erinnert die Ortsbezeichnung Hauland (neuerdings polnisch wieder Olędrowi) an diese Siedlungen.

16) Aufnahme meines früheren Schülers Kurt Geisler, Winter 1918, der die Zeichnungen unter meiner Leitung im Unterrichte herstellte. Leider hat die politische Umwälzung eine beabsichtigte Reise nach E. unmöglich gemacht; ebenso die weitere geschichtliche Forschung sowie die Einsichtnahme in das Kirchenbuch, das sich zurzeit im Besitze des Lehrers und Kantors befindet.

Die Entstehung der islamischen Baukunst.

Vom Regierungs- und Baurat a. D. Hasak in Berlin-Grunewald.

Für den mittelalterlich geschulten Baumeister bietet die islamische Baukunst zwei Hauptanziehungspunkte. Einerseits steht sie in dem Rufe, die Erfinderin des Spitzbogens zu sein, den sie schon seit rd. 800 n. Chr. besitzen soll — also gut 300 Jahre vor dem „damals noch barbarischen" Westeuropa. Anderseits sieht der gotische Baumeister in der islamischen Baukunst eine Schwester seiner eignen Kunst, die vor andere Aufgaben gestellt und im Besitze anderer Zieraten, doch dasselbe will und schafft, mit den gleichen vernunftgemäßen Gedankengängen wie die Gotik, und schließlich in Konstantinopel, Persien und Indien noch lange Blütezeiten erlebt, als die Gotik im Abendlande längst durch die Renaissance abgelöst ist.

Betrachten wir den ersten Anspruch, den man für die islamische Kunst geltend macht, daß sie nämlich die Erfinderin des Spitzbogens ist, etwas näher. Er wird hauptsächlich durch drei berühmte Moscheen gestützt: die des Sidi Okba in Kairuan in den Gegenden des alten Karthago (Abb. 4). Sie soll 822 entstanden sein; die des Ahmed ibn Tulun in Kairo 877 aufgeführt; und die Moschee el Aksa auf dem Tempelplatz in Jerusalem bald nach 780, jedenfalls lange vor 1099 vorhanden, als die Kreuzfahrer den Tempelplatz erstürmten. Die Entstehungszeiten für diese drei Moscheen lassen sich nicht aufrecht erhalten.

Betrachtet man zuvörderst den Hof (Abb. 5) der großen Moschee in Kairuan, so sieht man sich zur Hauptsache

von gut mittelalterlichen Baueinzelheiten Westeuropas umgeben: frühgotische Kunst mit süditalischer Färbung. Das alles schon um 822! Berechtigte Zweifel steigen auf. Man erinnert sich sofort, daß die beiden Haupttore im Norden und Süden, die den Zugang zur Moschee bilden, die gleichen Bauformen aufweisen, dieselben Säulen, dieselben hohen Decksteine auf ihren Kapitellen, dieselben Bögen.

Über beiden Toren steht jedoch fast gleichlautend folgende Inschrift[1]):

„Im Namen Gottes des Milden, Barmherzigen; möge Gott seine Segnungen auf unsern Herrn Muhamed und seine Familie ausschütten und ihnen Wohlergehen geben. Den Bau dieses Tores hat befohlen unser Herr und Meister, der Chalif, der Oberpriester El Mostanßer Billah, der Gestärkte durch die Hilfe Gottes, der Fürst der Gläubigen Abu Hafs, der Sohn der rechtgläubigen Fürsten. Daß Gott seine Herrschaft verewige und er ihren Triumph vergrößere. Daß er ihren Lohn und ihre Einkünfte verdoppele und daß er ihre tugendhaften Werke ihren Schatz sein läßt. Und das im Jahr 693.“ [1284 n. Chr.].

Diese Jahreszahl stimmt völlig zu dem Anblick des Hofes wie der beiden Tore. Frägt man, warum nur „dieses Tor“ in der Inschrift erwähnt ist, nicht der Hof, so lautet die Antwort: El Mostanßer hat zuerst die Tore herstellen lassen, ehe er sich zur Erneuerung des Hofes entschloß, die Inschriften aber waren vor dem Neubau des Hofes ausgeführt. Jedenfalls ist die Formengebung völlig die gleiche an den Toren wie im Hof. Es ist die Formenwelt des 13. Jahrhunderts der westeuropäischen Gotik (Abb. 3).

Tritt man in die Vorhalle des Hauptliwans, dann sieht man sich sogar romanischen, also viel älteren Einzelheiten Italiens oder Deutschlands gegenüber. Die Verzierungen an den Deckplatten der Kapitelle ähneln denen der Liebfrauenkirche in Magdeburg von rd. 1060 und von St. Abbondio in Como gegen 1095 (Abb. 1). In der Tat machen diese Bogenstellungen, je weiter nach der Kiblawand hin belegen, einen desto altertümlicheren Eindruck (Abb. 2). Dort können sogar noch alte Bogenreihen von 822 vorhanden sein. Aber Spitzbögen haben sie nicht. Für die frühe Entwicklung des Spitzbogens scheidet die Moschee des Sidi Okba in Kairuan aus. Und wenn man sich erinnert, daß von Kairuan Tarik ausgezogen ist, um Spanien zu erobern, so weiß man nun, daß er den Spitzbogen nicht nach Spanien verpflanzen konnte, weil ihn seine und seiner Nachkommen Baumeister selbst nicht besaßen. Aus den Gegenden um Kairuan ist ein Jahrhundert später auch Sizilien erobert worden, 831. Auch dahin kann der Islam damals also den Spitzbogen nicht verpflanzt haben. Andere frühe Beispiele des Spitzbogens in Nordafrika gibt es aber nicht, als diese irrigerweise dem 9. Jahrhundert zugeschriebene Kunst der Moschee in Kairuan.

Wenn man sich in das Buch des Grafen Mas Latrie, „Relations et commerce de l'Afrique septentrionale ou Magreb avec les nations chrétiennes au moyen-âge“ vertieft, dann begreift man auch, wie diese Moschee Kairuans zu ihren romanischen und gotischen Einzelheiten gelangt ist. Nicht bloß ganze christliche Ritterheere hielten diese nordafrikanischen Fürsten in ihrem Solde, denen sie ihre Religionsübung gewährleistet hatten und ohne die sie ihre Herrschaft nicht aufrecht erhalten konnten, die christlichen, meist italienischen

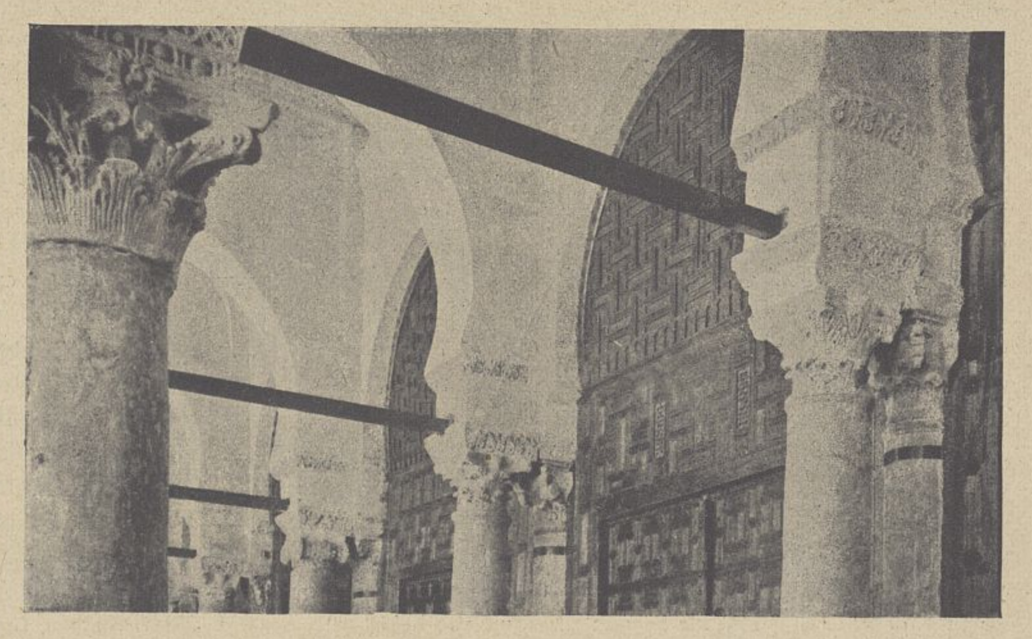


Abb. 1. Moschee des Sidi Okba in Kairuan.



Abb. 2. Moschee des Sidi Okba in Kairuan. Maksura.

1) Les Monuments de la Tunisie par Gauckler, Roy et Saladin. Teil 2. La Mosquée de Sidi Okba à Kairouan, Paris 1899, S. 9.

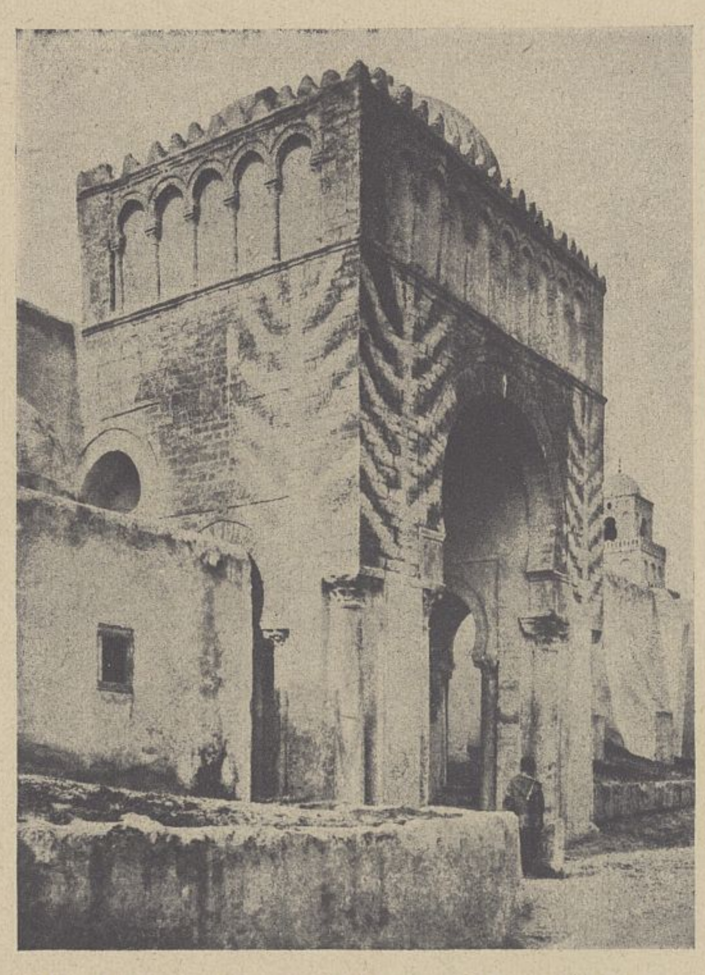


Abb. 3. Bab-Lella-Rejana. Moschee des Sidi Okba in Kairuan.

Kaufleute besaßen Jahrhunderte hindurch in diesen nordafrikanischen Städten eigene ummauerte Stadtviertel mit christlichen Kirchen und ständiger christlicher Einwohnerschaft. Mit diesen gelangte europäisches Können nach Nordafrika, wie das die romanischen und gotischen Baueinzelheiten der Moschee Sidi Okbas in Kairuan beweisen. Der Islam war nicht 300 Jahre vor der christlichen Bevölkerung im Besitze dieser Formen. Er hat seine Baueinzelheiten aus dem Norden bezogen und daraus erst im 13. und 14. Jahrhundert seine Eigenformen geschaffen. Das Fehlen des Spitzbogens in Kairuan beweist, daß dieser damals überhaupt nicht zum Formenbestand der islamischen Kunst gehörte.

Betrachten wir nun die Moschee des Ahmed ibn Tulun in Kairo, die dieser 877 daselbst aufführen ließ. Die Gestalt ihres Minarets (Abb. 8), welches dem der großen

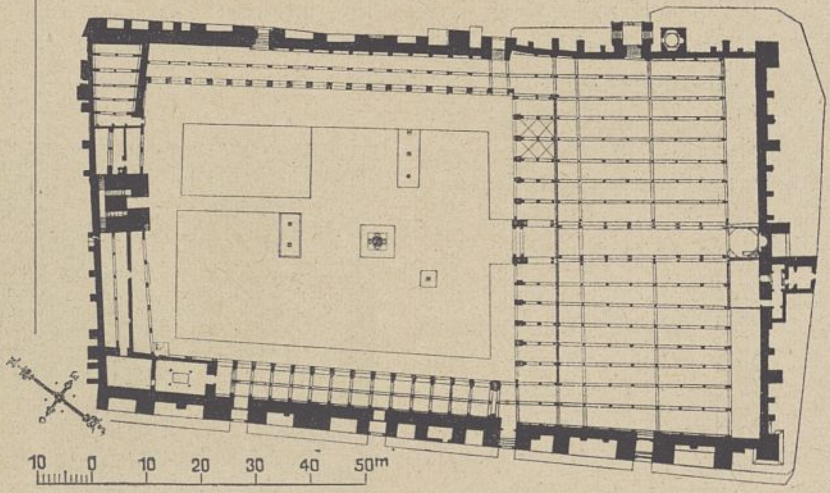


Abb. 4. Moschee des Sidi Okba in Kairuan. Grundriß.

Moschee in Samarra insofern gleicht, als seine Treppe sichtbar außen herum gelegt ist, dient als Hauptbeweis dafür, daß die heut noch vor uns stehende Moschee diejenige ist, welche Ibn Tulun 877 aufgeführt hatte. Aber dieses Minaret gleicht in nichts der Moschee. Das Minaret ist aus großen Werksteinen hergestellt, die Moschee aus zierlichen Ziegeln. Das Minaret zeigt nur runde Hufeisenbögen und zwar über gekuppelten Fenstern, die Moschee dagegen nur Spitzbögen und Muschelnischen (Abb. 6). Minaret und Moschee stammen weder von derselben Baumeisterhand noch aus derselben Zeit. Das Minaret ist noch der Überrest jenes ursprünglichen Baues von 877. Die Moschee dagegen entstammt wie die in Kairuan ebenfalls aus dem 13. Jahrhundert — vom Jahre 1294. Hören wir die Quellen: Makrizi schreibt[2]): „Gott — groß ist



Abb. 5. Hof der Moschee des Sidi Okba in Kairuan. Westseite.

2) Corbet, The life and works of Ahmad Ibn Tulun. In Journal of the Asiatic Society. 1891.

der Ruhm seiner Majestät — brachte es dahin wegen des Wiederaufbauens der Moschee, daß es schlimmes Blut gab zwischen Al Malik al Aschraf Kalil und dem Emir Baidar.“ Baidar und Ladschin erschlagen Kalil 1294. Da die Mameluken des ermordeten Herrschers ihre Rache nahmen, floh Ladschin nach dem verlassenen Katai und verbarg sich in der Moschee. Hier machte er das Gelübde, daß, wenn Gott ihn rettete, er die Moschee wieder herstellen und beschenken wolle. 1296/7 wurde er Sultan, beauftragte Alam ed Din Sangar, „Land zu kaufen für den Gebrauch der Moschee für immer und zahlte ihm, was für ihren Wiederaufbau nötig war, und gab ihm strengen Befehl, daß er keine erzwungene Arbeit verwenden dürfe, weder geschulte noch ungeschulte, und daß er keinen Unternehmungsmeister über die Werkleute setzen solle und nichts kaufen von allen Baumaterialien, die er brauchte, außer zu ihrem vollen Preis .... Er stellte die Moschee wieder her und machte ein Ende all dem Verfall, der in ihr war, und pflasterte sie und gipste sie.“

Abb. 6. Moschee des Ahmed Ibn Tulun in Kairo.

Die Gipsverzierungen stammen also auf alle Fälle erst von 1294. Sie sind keine Beispiele der „Tuluniden-Ornamentik“, sondern 400 Jahre später entstanden. In der Tat ähneln sie auch in Einzelteilen wie die senkrechten Blätterreihen unter den Dächern den Blättern in der Alhambra aus dem 12. und 13. Jahrhundert. Daß der Bau der Moschee von 1294 stammt, zeigt einerseits ihr Gegensatz gegen das Minaret, anderseits die völlige Vereinzelung dieses Moscheebaues unter allen anderen Bauten Kairos wie des gesamten Morgenlandes, sollte er schon 877 derart ausgesehen haben. Wir kommen noch darauf. Das Minaret aber paßt völlig in die Bauart von 877 in allen anderen Gegenden des Morgenlandes. Auf diese Bauweise müssen wir etwas näher eingehen. — Wenn man die gekuppelten Hufeisenbogenfenster des Minarets der Ibn Tulun-Moschee sieht, tauchen die ähnlichen Fenster Binbirkilisses (Abb. 9 bis 11) vor unseren Augen auf, welche Holzmann veröffentlichte.[3]) Die Kirchen in Binbirkilisse bei Konia sind seit dem Einfall der Seldschuken, gegen 1080, verlassen. Sie werden also ungefähr gleichaltrig mit dem Minaret Ibn Tuluns sein. Das Bindeglied dürfte das Minaret in Urfa herstellen, welches ähnliche gekuppelte Hufeisenbogenfester zeigt. Es herrschte also eine gleichartige Kunst von Kairo, durch Syrien hindurch bis ins Herz Kleinasiens. Sie ist ersichtlich die Kunst des byzantinischen Reiches der damaligen Zeit, und sämtliche Baumeister des Islam sind ja auch damals noch Christen,

3) Holzmann, Binbirkilisse.

Rumi, insoweit sich Nachrichten überhaupt erhalten haben. Diese Kunst von Byzanz war zu jener Zeit in ganz gleicher Weise auf dem Wege zur romanischen Kunst wie die westeuropäische. Dagegen weiß man von der romanischen Kunst Konstantinopels bisher nichts. Es hat sich aus der Zeit, 1000—1200, kein Bau daselbst erhalten. Die Kunstgeschichte hat an das Bestehen einer solchen romanischen Kunst in Byzanz noch nicht gedacht und ist dadurch auf große Irrpfade geraten. Aber diese Kunst hat bestanden, das bezeugen die Überreste in den Ländern rings um Byzanz, in den Balkanländern wie in Kleinasien, Armenien und im Kaukasus. Von Byzanz strahlte in alle diese Länder die romanische Bauweise aus. Dieser werdenden romanischen Kunst entstammt das Minaret Ibn Tuluns. Aus Persien stammt diese Formengebung nicht. Da hätten sich auch nach der jetzigen Kunstgeschichte an Stelle der Hufeisenbögen die persischen Spitzbögen, die Tudorbögen, einstellen müssen. Aber wir kommen auch noch auf diesen verwirrenden Irrtum der Perserbögen. Auch aus Armenien stammt diese byzantinisch-romanische Weise nicht, wie neuerdings Strzygowski behauptet.

Vorab zum dritten Grundpfeiler für die Ansicht, daß der Islam schon im 9. Jahrhundert den Spitzbogenbau betrieben hätte, die Moschee El Aksa auf dem Tempelplatz in Jerusalem, wie sie heutzutage vor uns steht. Dies soll noch ein Teil jener Moschee sein, die nach dem großen Erdbeben von 780 entstanden ist und bei der Erstürmung des Tempelplatzes durch die Kreuzfahrer 1099 noch vorhanden war. „Ein echt arabischer Bau.“ Betritt man aber diesen echt islamischen Bau, dann befindet man sich in einer christlichen Kirche, längsgerichtet, nicht quer-

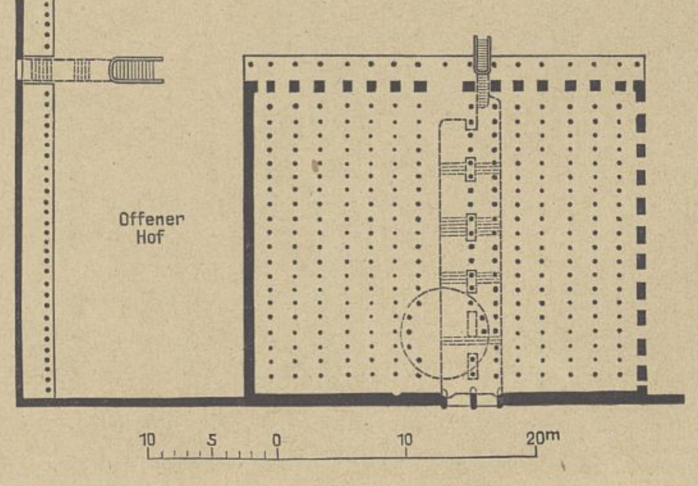


Abb. 7.
Plan der Moschee El Aksa in Jerusalem vor 1099.

gerichtet, mit Spitzbögen, die ein hohes christliches Mittelschiff tragen. Und das soll alles der Islam für seine Bedürfnisse einige Jahrhunderte vorher errichtet haben, ehe das Abendland daran dachte, seine Kirchen genau ebenso zu bauen. Ja, die Söhne des Propheten waren dem rohen Abendlande selbst im Kirchenbau weit voraus.[4])

Was dem mittelalterlich geschulten Baumeister die Formen wie die Gesamthaltung verraten, das bezeugen überdies die schriftlichen Nachrichten.

Die heutige Moschee El Aksa ist die Kirche, welche die Templer zwischen 1145 und 1170 daselbst errichtet haben. Damit entfällt auch diese Stütze für das frühe Vorkommen des Spitzbogens in der islamischen Kunst. Hören wir die Schriftsteller. Johann von Würzburg schreibt 1149[5]):

„juxta palatium milites templarii habent plurima adjuncta aedificia et ampla cum exstructione novae et magnae ecclesiae nondum tamen consummatae.“

Gegen 1172 war dieser Kirchenbau ersichtlich vollendet, denn ein Pilger Theoderich vom Niederrhein schreibt um diese Zeit[6]):

„sequitur ad meridiem palatium Salomonis, quod in modum alicuius ecclesiae oblongum et columnis interius sustentatum nec non in fine sanctuarii similitudine circulariter ductum et magna atque rotunda testudine elatum in speciem, ut diximus, ecclesiae est formatum.“

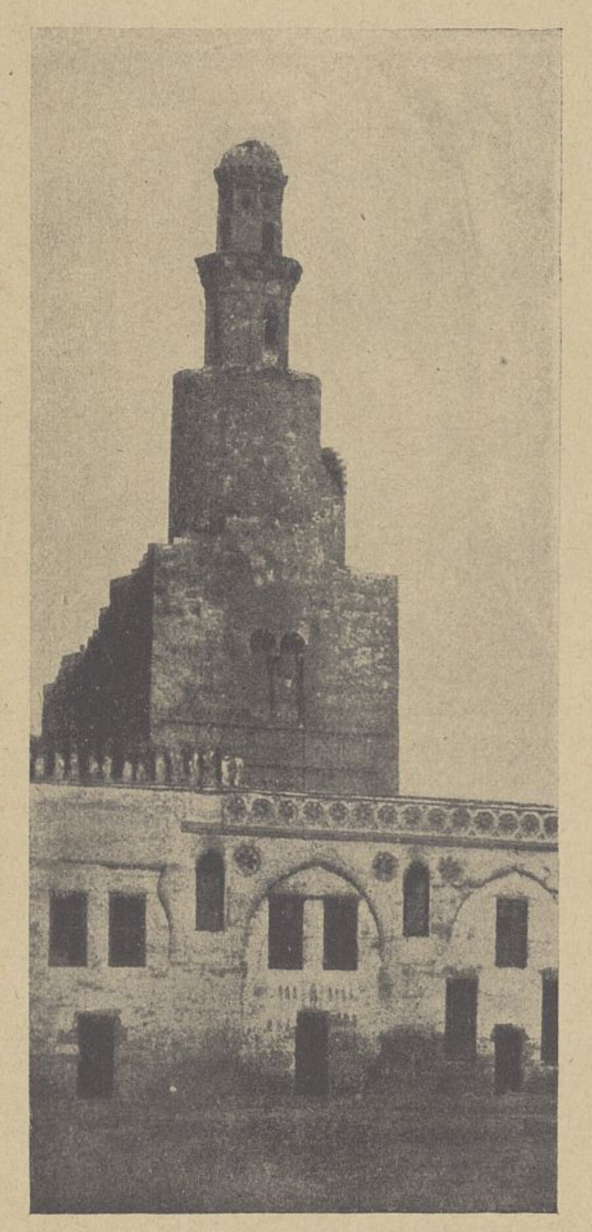


Abb. 8. Moschee des Ahmed Ibn Tulun in Kairo. Minaret.
(Nach G. T. Rivoira, Architettura Musulmana.)

Die Templer haben also eine neue Kirche in die Moschee hineingebaut. Über diese Bautätigkeit der Templer in der Moschee berichten die islamischen Schriftsteller noch Weiteres. Idrisi, der Hofgeograph des Königs Roger von Sizilien, schreibt gegen 1154 folgendes[7]): „Die Masgid El Aksa ist die Große Moschee und in der ganzen Welt gibt es keine Moschee mit größeren Abmessungen als diese, abgesehen von der Freitagsmoschee zu Cordoba in Andalusien, von der man sagt, daß sie eine größere Ausdehnung des Daches habe als die Aksa. Nur der Hof der Aksamoschee ist sicherlich größer als der der Moschee zu Cordoba. Die Masgid El Aksa ist vierseitig. Ihre Länge beträgt 200 Faden und ihre Breite 180 Faden. In der Hälfte, welche nach dem Mihrab zu liegt, ist sie mit Steinkuppeln überdeckt mit vielen Reihen Säulen. Die andere Hälfte ist ein Hof und ist nicht überdacht. Das Tor der Felsenkuppel nach Süden liegt dem überdachten Teil gegenüber, der in früheren Zeiten ein Gebetplatz der Moslems war. Seit sie von den Griechen erobert wurde, und sie ist es geblieben bis auf den heutigen Tag, da dieses Buch geschrieben ward, haben sie diesen überdachten Teil in Zimmer umgebaut, worin ihre Männergenossenschaft wohnt, bekannt als Ad Dawiggah (Templer), deren Name Diener des Gotteshauses bedeutet“ (Abb. 7).

Zuerst haben sich die Templer ihre Wohnräume in die Moschee hineingebaut, dann die Kirche. Das zeigt auch der Augenschein, indem die Spitzbogenöffnungen und Strebepfeiler der Wohnräume unregelmäßig in die Kirche hineinragen, die ihrerseits mit ihren Außenwänden auf diese Mauern der Wohnräume oben daraufgesetzt ist. Auch die Durchbrechungen in den Obermauern zwischen Mittelschiff und Seitenschiffen sind nichts sonderlich Arabisches, wie man meint. Diese Durchbrechungen besaß schon Konstantin des Großen Alt-St. Peter

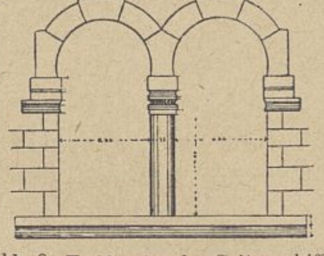


Abb. 9. Endfenster der Seitenschiffe.

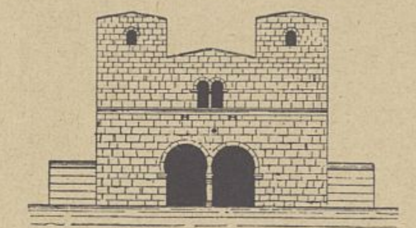


Abb. 10. Querschnitt.

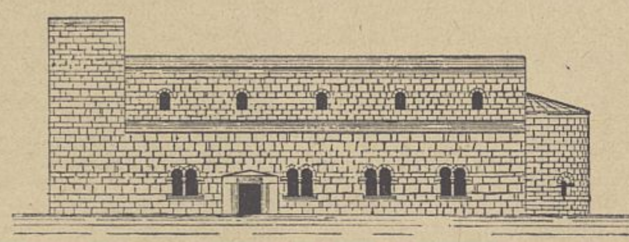


Abb. 11. Längenschnitt.

Abb. 9 bis 11. Langhausbasilika in Binbirkilisse bei Konia. (Nach Karl Holzmann.)

4) Vgl. Zentralbl. d. Bauverw., Jahrg. 1919, S. 245. [Hasak, Die Moschee El Aksa auf dem Tempelplatz in Jerusalem, ein Bau der Templer.]

5) Johann v. Würzburg, cap. V.

6) Theoderici libellus de locis sanctis circa a. D. 1172.

7) Guy Le Strange, Palestine under the Moslems, 1890, S. 108.

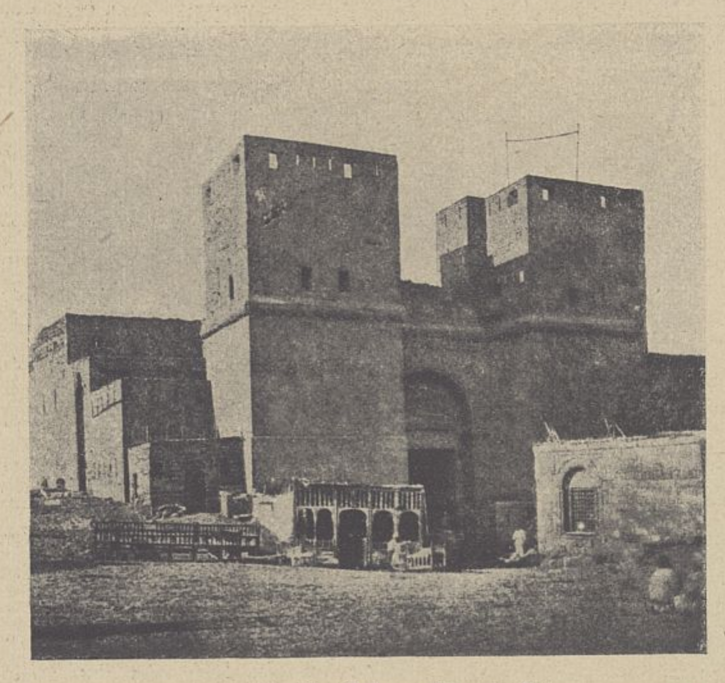


Abb. 12. Bab-en-Nasr in Kairo.
(Nach Franz Pascha, Kairo.)

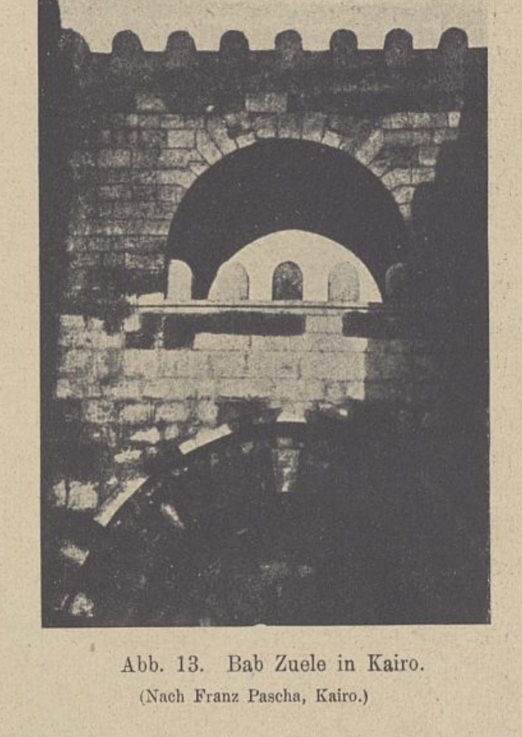


Abb. 13. Bab Zuele in Kairo.
(Nach Franz Pascha, Kairo.)

in Rom, St. Paul und der Lateran daselbst. Das ist altchristliche Bauweise, die vom Tempelplatz und von der Moschee in Damaskus, der alten Johanniskirche, erst in die islamische Baukunst übergegangen ist.

Also auch dieser Grundpfeiler für die Ansicht, daß die islamische Baukunst schon im 9. Jahrhundert den Spitzbogenbau betrieben habe, hält nicht stand. — So können wir uns der zweiten Schicht der islamischen Baukunst zuwenden, deren Zeitbestimmung ebensowenig richtig ist, den Fatimidenmoscheen in Kairo mit ihren persischen Spitzbögen. Die Fatimiden sollen vermittels ihres schiitischen Glaubens zu diesen persischen Baueinzelheiten gelangt sein. Aber sie kamen doch aus dem Westen, aus jenen Teilen Nordafrikas, die, wie wir an der Hand der Moschee in Kairuan gesehen haben, in ihrer Baukunst von der christlichen Kunst Italiens abhängig waren. Denn gerade die romanischen Einzelheiten von Kairuan entsprachen solchen in Como von 1095, als die Fatimiden in Kairo herrschten, von 969 bis 1171. Fatimidische Baueinzelheiten dürften also eher denen des Westens geglichen haben, aus dem das Herrschergeschlecht und seine Truppen stammten, als denen aus dem entfernten Persien, von dem überdies niemand weiß, wie seine Baueinzelheiten zur Fatimidenzeit ausgesehen haben. Kein Bau aus jener Zeit steht mehr aufrecht. In Persien reichen die ältesten noch bestehenden Bauten höchstens bis 1200 zurück, und alle Länder rings um Persien, welche ihren Glauben und ihre Kunst von Persien erhalten haben, zeigen in ihren frühen Bauten, die zum Teil älter als die erhaltenen persischen Bauten sind, höchstens den beginnenden Perserbogen gegen 1300. So besteht keinerlei Wahrscheinlichkeit, daß zur Fatimidenzeit der Perserbogen in Persien in Übung war. Damit stimmt denn auch der Baubefund an den Fatimidenmoscheen Kairos überein. Denn von den vier hauptsächlichsten Moscheen besitzt schon El Hakem überhaupt keine Perserbögen, sondern gut westliche. Die drei anderen aber El Ashar, El Akmar und Es Salih sind derart oft erneuert worden, als sie nach Erdbeben, wie besonders nach dem von 1302, eingestürzt waren, daß alle Wahrscheinlichkeit dafür spricht, daß ihre Perserbögen dem 14., wenn nicht gar erst dem 15. Jahrhundert entstammen. Denn diejenigen Fatimidenbauten, welche in Kairo ganz unbezweifelt und sicherlich vor uns stehen, die drei Tore der Stadtmauer, Bab Zuele (Abb. 13), En Nasr (Abb. 12) und El Futuh (Abb. 14) haben **keinerlei Perserbögen,** sondern richtige westliche Rundbögen, sogar mit Polstersteinen der sizilisch-normännischen Kunst. Das ist die echte Fatimidenkunst! Diese reiht sich richtig in die

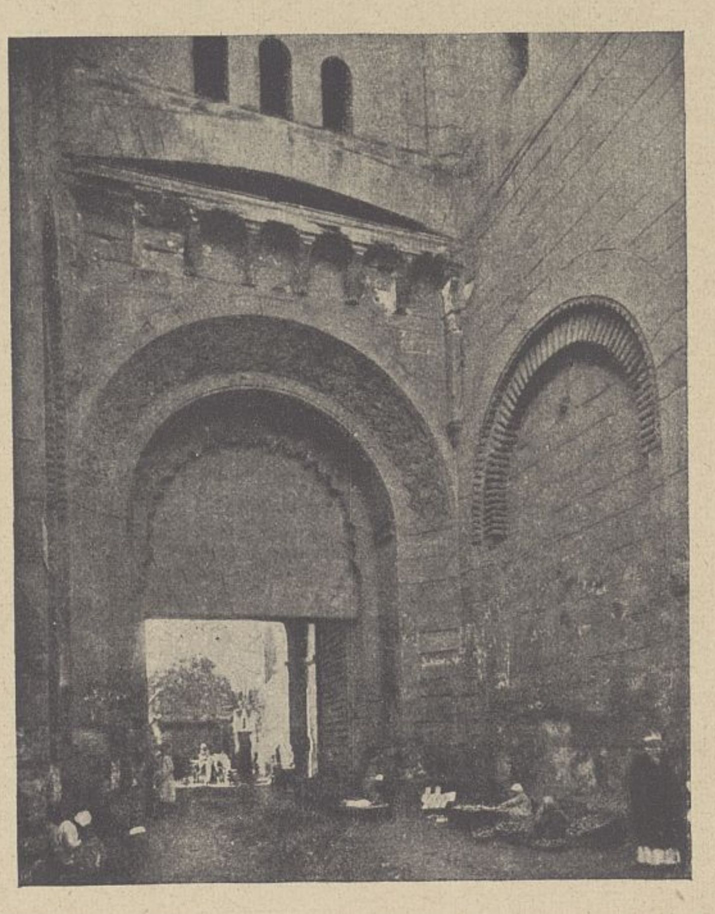


Abb. 14. Bab-el-Futuh in Kairo.
(Nach Franz Pascha, Kairo.)

Entwicklung der islamischen wie die der christlichen Baukunst ein. Alles andere ist eine riesige Fatamorgana.

Ehe wir der Entwicklung des persischen Spitzbogens nähertreten, müssen wir erst das Entstehen des Spitzbogens überhaupt zu erforschen versuchen. Wo und wie ist er entstanden? — Auch da gelangen wir zu ganz entgegengesetzten Ergebnissen als die bisherigen Forscher.

Der Spitzbogen ist die Erfindung der Normannen zu beiden Seiten des Ärmelkanals besonders in England — man könnte es eine Erfindung wider Willen benennen. Denn wir sehen heute noch, wie der Spitzbogen mitten unter den Rundbögen durch die Rundbögen von selbst entstanden ist. Und zwar durch das Durcheinanderstecken der Rundbögen im großen Maßstabe. Auch bei uns besitzen wir im romanischen Ziegelbau unter den Hauptgesimsen diese durcheinanderschneidenden Rundbogenfriese. Aber die dabei von selbst entstehenden Spitzbögen sind derart klein, daß sich das Auge ihrer als besonderer Einzelform kaum bewußt wird. In England sind sie dagegen von derartiger Größe als Zwerggalerien besonders innen und außen unter den Fenstern der Seitenschiffe auf Säulchen hergestellt, daß sie sich als besondere Kunstform jedem Auge schon von weitem aufdrängen. Denn während die durch das Durcheinanderschneiden der Rundbögen zufällig und von selbst entstandenen Spitzbögen wegen der darunterstehenden Säulen tief ausgegründet sind, verschwinden die erzeugenden Rundbögen fast völlig. Hier sieht man das Entstehen des Spitzbogens in selbstverständlicher, natürlicher Art und Weise vor sich. Diese englischen Bauten sind überdies der Entstehungszeit nach glücklicherweise fest bestimmt. Der Dom von Durham wird schon 1093 begonnen und gegen 1130 sein Schiff bezogen. Nun sind die Seitenschiffmauern mit ihren eingeblendeten Zwerggalerien nach den Grundmauern das nächste und erste am Bau. Also stammen diese Spitzbögen im Entwurf mindestens schon von 1092 her, als man in Kairuan wie in Kairo noch Rundbögen zeichnete (Abb. 15). In Peterborough brannte der Dom 1116 ab. Man begann sofort den Neubau, und 1140 wird dieser bezogen. Auch er zeigt die Zwerggalerien mit ihren Spitzbögen im großen Maßstabe. Und so sehen wir diese wider Willen entstandenen Spitzbögen an den sonst nur Rundbögen aufweisenden Normannenbauten Englands in Canterbury, Norwich, Castle Rising, Kelso, Bury-Saint-Edmunds, Ely, Saint Botolphe, Christchurch in Hants, St. Croß in Winchester, Oxford, Lincoln, Bolton Priory, Southwell, Bristol usw. Alle diese Bauten legen heftigen Widerspruch ein, islamischer Herkunft zu sein. In der Normandie sehen wir diese durcheinanderschneidenden Rundbögen in Graville, Huppain, Lillers und andernorts.



Abb. 15. Dom in Durham.
(Nach G. T. Rivoira, Arch. Musulm.)

Von hier gelangen sie mit den Normannen nach Unteritalien und Sizilien. Seit 1022 kamen die Söhne des Grafen Tankred von Hauteville allmählich in den Besitz Unteritaliens und seit 1061 auch in den Siziliens. Überall erhoben sich sofort Kirchen und Dome, die heut noch vor uns stehen, ihrer Entstehungszeit nach gut belegt sind und sämtlich nicht bloß die durcheinandergesteckten Bögen im größten Maßstabe und ersichtlich mit schwärmerischer Vorliebe gepflegt aufweisen, in diesen Kirchen haben die Spitzbögen auch schon die Rundbögen unter den Hochschiffswänden verdrängt und deren Stelle eingenommen, wie wir das auch im Norden, z. B. in Soissons an St. Peter sehen. Das war der zweite Schritt des Spitzbogens vorwärts in den sonst romanischen Bauten auf seinem Siegeszuge zur Alleinherrschaft. So die Palastkapelle in Palermo (Abb. 18).

Diese rein normännische Kunst benannte man bisher arabo-sizilische Kunst! Warum? — Nichts ist unbegründeter und ungerechtfertigter als diese Benennung. Sie war nur möglich, weil man die normännische Herkunft dieser Baueinzelheiten aus der Normandie und England nicht kannte; weil sie daher fremdartig anmuteten und nur aus diesem Grunde den sizilischen Arabern zugeschrieben wurden. Denn von arabisch-islamischen Bauten hat sich auf Sizilien **nichts** erhalten, rein nichts. Das spricht an sich schon für die völlig unmonumentale Herstellung dieser Bauten, wohl in Holz und Gips. Anderseits aber würden Überreste dieser Bauwerke aus der Zeit des sizilischen Islams von 831 bis 1061 keine Spitzbögen, sondern Rundbögen aufweisen. Das bezeugt ja Kairuan, das 822 keine Spitzbögen besaß und daher auch keine Spitzbögen ausführen konnte. Von den Gegenden um Kairuan her aber stammten die islamischen Eroberer Siziliens. Die Normannenbauten Siziliens und Unteritaliens dagegen haben sich von den frühesten Zeiten her erhalten durch ihre monumentale Herstellung trotz aller schrecklichen Erdbeben, und sie sind der Keim und die Quelle für den Spitzbogen der islamischen Kunst, der begreifliche Herkunftsort. Von hier spielt sich die Übertragung vor unseren Augen ab. Vorher ist kein islamischer Spitzbogen nachzuweisen. Wir müssen uns daher mit der sizilisch-normännischen Kunst noch etwas eingehender beschäftigen. Zunächst die Reihenfolge ihrer Entstehung. 1061 Sa. Maria in Troina; 1071 St. Johann der Aussätzigen; 1130 der Dom in Messina; 1131 bis 1132 der Dom von Cefalu; 1132 St. Johann von den Eremiten in

Palermo; 1140 die Palastkapelle daselbst; 1161 die Zisterzienserkirche zur heiligen Dreieinigkeit, la Maggione dei Tedeschi, in Palermo; 1170 bis 1189 der Dom daselbst; 1173 die Zisterzienserkirche zum Heiligen Geist bei Palermo; 1174 der Dom in Monreale.[8]) Damit haben wir eine der Zeit nach vorzüglich belegte Entwicklungsreihe der normännischen Baukunst auf Sizilien vor uns, die für die islamischen Bauten Kairos und des übrigen Nordafrika bis dahin völlig fehlt. Spitzbögen unter den Hochschiffswänden hat in dieser Entwicklungsreihe schon 1131 der Dom von Cefalu und 1140 die Palastkapelle in Palermo. Von ihnen stammt der „echt arabische“ Bau der Templer, die Moschee El Aksa zwischen 1145 und 1170 — oder von einem anderen Kreuzfahrerbaumeister. Denn das Heilige Land überzog sich seit 1099, seit seiner Eroberung durch die Kreuzfahrer mit einer unzähligen Masse von Kirchen, Burgen und Wohnhäusern im Kleide der werdenden Gotik Europas, daß selbst der Rhein mit seinen Kirchen und Burgen nicht dagegen aufkommt. Von dieser riesenhaften Bautätigkeit der europäischen Kreuzfahrer schreiben sich die frühgotischen Einzelheiten in der islamischen Kunst Kleinasiens, Armeniens, Mesopotamiens, Persiens, Indiens und Ägyptens her, wie wir gleich sehen werden, welche die Eigenart der islamischen Baukunst zum großen Teil überhaupt erst geschaffen haben. Das Heilige Land ist nächst Sizilien die zweite Quelle der islamischen Kunst und ihrer Einzelheiten.

Diese Einzelheiten sind der Spitzbogen, der Polsterbogen, der Kerbschnittbogen, der hochgestelzte Bogen, vielleicht auch der Kleeblattbogen. Sie stammen aus der frühgotischen Kunst Siziliens und des Heiligen Landes. Hierzu treten die vierkantigen Minarets und die Kuppeln.

Vorab noch eine Frage. Warum sieht die sizilische Kunst der Normannen auf den ersten Blick für den Nordländer fremdartig aus, so daß in ihm die Vorstellung auftaucht, dieses Fremde müsse von den Arabern stammen? Das beruht neben dem Fehlen der hohen gotischen Dächer, welche der Süden weder braucht, noch kennt, für die auch das Holz mangelt, zur Hauptsache auf zwei eingebornen, echt italischen Baumitteln, einerseits die äußere Verblendung mit Marmorplatten und anderseits die innere Bekleidung mit farbenglühenden Mosaiken. Wenn die durcheinander gesteckten Bögen wie in Monreale in verschieden gefärbten Marmorplatten hergestellt werden, so sieht diese nordische Bauform höchst fremdartig aus. Und wenn man bei dem Betreten des Innern von dem riesengroßen Christusbild der Apsis angeblickt wird, umgeben von dem glühenden Prunk der Mosaiken an Wänden und Decken, dann wirkt das auf das Nordlandskind als die Märchenpracht aus Tausend und einer Nacht. Aber islamischer Herkunft ist beides nicht, sondern echt italisches Baukönnen seit ältester Zeit. Die normännischen Baumeister des Kirchbaues machten sich das eingeborene italische Können zunutze.

Das dritte Fremdartige, welches sizilianische Normannenbauten „arabisch“ erscheinen lassen, sind die freistehenden Kuppeln über einigen derselben, wie S. Cataldo (vor 1161) und St. Johann von den Eremiten (1132), die kleine Cuba usw. Aber diese Kuppeln sind dort nichts sonderlich Arabisches, das ist griechisch-byzantinisches Können der bisherigen Herren Unteritaliens und Siziliens. Gerade die byzantinischen Kirchen Unteritaliens zeigen in jener Zeit der normännischen Eroberung diese freistehenden Kuppeln. Sie entstammen überdies der Zeit um das Jahr 1000 schon. Das ist eine so frühe Entstehungszeit, wie sie für keine islamische massive Kuppel des Ostens nachzuweisen ist. Denn die früheste Kuppel, die Felsenkuppel in Jerusalem von 1022, ist aus Holz, und es steht trotz der erhaltenen Inschrift im Unterteil des Holzverbandes gar nicht einmal fest, ob 1022 tatsächlich eine Kuppel wie heutzutage, oder nur ein Kegeldach wie über der Heiligen Grabeskirche und über der Himmelfahrtskirche vorhanden gewesen ist. Auch für die massiven Kuppelbauten sind die sizilisch-normännischen die frühesten der Zeit nach bestimmten Vorbilder. Der Islam folgt diesen sizilischen Bauten, die wir dort aus den byzantinischen Baugewohnheiten vor unseren Augen entstehen sehen, ebenfalls erst als gelehriger Schüler nach. Wenn man auch die Sachlage ohne Voreingenommenheit betrachtet, so ist es ganz selbstverständlich, daß weder die arabischen Wüstenräuber noch die Berberhorden eine eigne Baukunst besessen haben und daß ihre Nachkommen in der kurzen Zeit von 150 Jahren sich nicht aus ungebildeten, rohen Zeltbewohnern zu den Erfindern eines neuen Baustils aufgeschwungen haben können, während unseren „barbarischen“ Vorfahren dies nicht einmal seit 400 Jahren geglückt war.

Hierbei sei gleich ein weiterer Irrtum hinsichtlich der Felsenkuppel beseitigt, daß nämlich dieselbe „im wesentlichen rein arabisch-persisch-türkischen Ursprunges“ sei.[9]) Wer nur in etwas mit den damals in Jerusalem vorhandenen Bauten vertraut ist, weiß, daß der Grundriß der Felsenmoschee (Abb. 16) völlig den Grundrissen der Heiligen Grabeskirche daselbst (326 bis 336)[10]) und der Himmelfahrtskirche auf dem Ölberge (378 bis 438) (Abb. 17) gleicht, also nachahmt, daß auch der Aufriß höchstwahrscheinlich das Bild beider Bauten wiedergibt. Zum mindesten sahen beider Grundrisse schon gegen 670 genau so wie der Grundriß der Sachra von 691 aus, denn der Pilgerbischof Arkulf von Périgueux hat sie uns sogar in Zeichnung überliefert, ehe

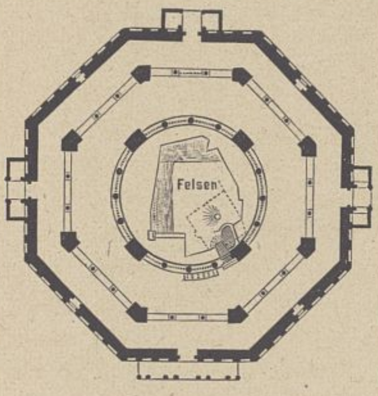


Abb. 16. Felsenmoschee in Jerusalem.

Abb. 17. Himmelfahrtskirche in Jerusalem. (Zeichnung des Pilgerbischofs Arkulf.)

8) Die Denkmalpflege, 1915, Nr. 11, S. 85ff. [Hasak, Die normännische Baukunst.]

9) Der Islam, 1911, S. 180. [Strzygowski.]

10) Das Heilige Land, 1915, S. 88ff. [Hasak, Wie sah Konstantins Heilige Grabeskirche zu Jerusalem aus?]; vgl. auch Zentralblatt d. Bauverwaltung, 1918, S. 237.

Abdelmalik überhaupt seinen Bau der Felsenkuppel begonnen hat. Der Zweck aller drei Gebäude war auch merkwürdigerweise ganz der gleiche. In ihrer Mitte lag jedesmal ein Fels, und zwar lag er in den beiden christlichen Kirchen jedesmal unter freiem Himmel, und dieser Fels sollte den Andächtigen von allen Seiten sichtbar, wenn nicht gar zugänglich sein. In der Heiligen Grabeskirche war es der Grabesfels des Erlösers, in der Himmelfahrtskirche der Fels, von dem aus Jesus in den Himmel aufgestiegen ist; in der Felsenmoschee der Fels, auf welchem der Opferaltar der Juden gestanden hatte und von dem die Schüler Muhameds glaubten, daß ihr Meister und Prophet Allahs von dort aus seine Himmelsreise angetreten habe.

Es wäre daher sehr leicht möglich, daß auch der Fels Muhameds im Bau Abdelmaliks zuerst unter freiem Himmel gelegen und daß erst Al-Mamun die Kuppel aufgeführt hat, und seine Inschriftverbesserung daher nicht so ganz grundlos ist. Jedenfalls aber berichten selbst die arabischen Quellen, daß Abdelmalik seinen Bau im Hinblick auf die Heilige Grabeskirche aufführen ließ. Denn Mukadassi schreibt 985:[11])

„Wahrlich Al Walid hatte recht und er war erwählt zu einem würdigen Werke. Denn er sah, daß Syrien ein Land war, das lange von den Christen besetzt gehalten worden war, und er sah darin die schönen Kirchen, die ihnen noch gehörten, so entzückend hübsch und so berühmt wegen ihres Glanzes, so wie die Kumamah (die Heilige Grabeskirche) ist und die Kirchen von Lydda und Edessa.

So suchte er für die Moslems eine schöne Moschee zu bauen, die sie davor bewahren sollte diese zu betrachten; und sie sollte einzig und ein Weltwunder sein."

Die Felsenmoschee ist also weder im Grundriß noch im Querschnitt noch im Aufriß ein beginnender islamischer Bau noch rein persisch-türkisch-arabisch, sondern die genaue Nachbildung der **altchristlichen** Heiligen Grabeskirche Konstantins des Großen in Jerusalem aus den Jahren 326 bis 336. Diese Nachahmung ist derart sklavisch geschehen, daß sogar die Abmessungen der Felsenmoschee bis auf einen Fuß dieselben sind, welche uns das Commemoratorium aus der Zeit Karls des Großen für die Grabeskirche überliefert, nämlich 50 m als äußerer Durchmesser und stark 20 m als innerer.[12]) Nur der eine Unterschied bestand: die Felsenmoschee ist eingeschossig, die Heilige Grabeskirche war und ist zweigeschossig. Aber von der Patriarchenstraße aus ist der Anblick der Heiligen Grabeskirche ebenfalls eingeschossig, und diesen Anblick befolgte die Felsenmoschee genau. Überdies ist die Himmelfahrtskirche ebenfalls nur eingeschossig gewesen. Und die Bischofskirche in Esra von 550 ist gleicherweise eingeschossig. Diese aber besitzt sogar eine massive Kuppel auf einem Kuppelschafte und zeigt das gleiche Bild der Heiligen Grabeskirche von der Patriarchenstraße aus. Also auch hier bei der Felsenmoschee handelt es sich nicht um das frühe Beispiel einer eigenartigen islamischen Baukunst, sondern um die Nachahmung bestehender christlicher Bauten. Überdies wird der Baumeister ein Christ, ein Rumi, gewesen sein — damals gab es nirgendwo islamische Baumeister — und zeichnete, wie er dies in Byzanz oder einer davon abhängigen Schule gelernt hatte.

Abb. 18. Palastkapelle in Palermo.
(Nach Rivoira, Architettura Musulmana.)

11) Siehe Fußnote 10.

12) Das Heilige Land, 1915, Seite 18.

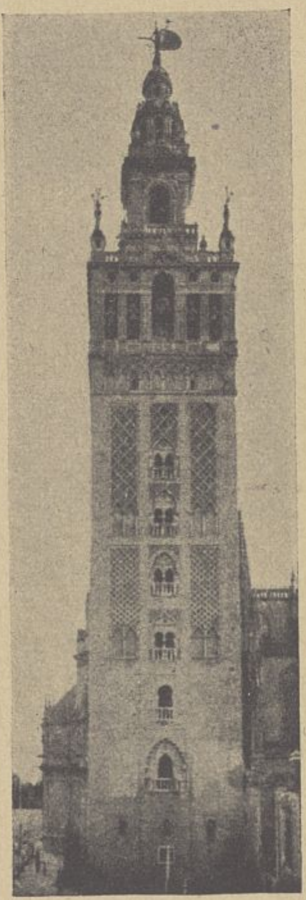


Abb. 19.
Die Giralda in Sevilla.
(Nach G. T. Rivoira, Architettura Musulmana.)

Doch zurück zur sizilisch-normännischen Kunst. Von Sizilien aus wird auch rückwärts die spanisch-islamische Kunst befruchtet. Das zeigt schon die Nachricht, daß ein Sizilier die goldenen Äpfel auf der Spitze der Giralda in Sevilla lieferte. Diese Giralda, die Mutter und das Vorbild der meisten Minarets Westafrikas, zeigt ferner 1195/97 die durcheinandergesteckten Kleeblattbogen aus dem Allerheiligsten der Moschee in Cordoba in kleinem Maßstabe eng neben- und übereinander gereiht als Flächenmuster. Auch dieses Flächenmuster Nordspaniens übernimmt Marokko um jene Zeit erst gegen 1197. Mit dem Durcheinanderstecken der Rundbögen sind also die Normannen um ein Jahrhundert dem Islam voraus. Sie sind die Erfinder desselben, nicht der Islam (Abb. 19).

Aber nicht bloß die Äpfel hat der Sizilier ersichtlich nach Sevilla geliefert. Die gesamte Gestalt dieses spanischen Minarets stammt aus Sizilien! Die Giralda von 1195 ist das genaue Ebenbild der Doppeltürme des Domes in Cefalu von 1131 wie der Doppeltürme des Domes in Monreale von 1174. Diese neueste Mode der christlichen Kirchen Siziliens befolgt die Giralda sklavisch, einen völlig glatten quadratischen Unterteil senkrecht emporschießend ohne wagerechte Teilungen und darüber sehr stark zurückgesetzt zwei weitere quadratische Geschosse nebst bekrönender Spitze. Diese sizilisch-normännischen Türme haben wiederum ihre rechtmäßigen Vorväter in den Doppeltürmen von St. Stephan in Caen, der Siegeskirche Wilhelms des Eroberers vom Jahre 1066! Für sämtliche Einzelteile der islamischen Baukunst besitzen wir ganz klare und der Zeit nach vorzüglich belegte Stammbäume, welche in der Normannenkunst wurzeln, aber nicht im Islam. Die spanischen wie die gesamten nordafrikanischen Minarets wie die Giralda sind die Nachkommen der christlichen Kirchtürme in Cefalu und Monreale. Zu diesen Nachkommen gehört auf christlicher Seite auch der Glockenturm von St. Markus in Venedig und seine zahlreichen Gefährten der Inseln und des Festlandes.

Die Eingangshalle zwischen den beiden Türmen Cefalus gleicht im übrigen völlig der Hofarchitektur in Kairuan. Auch das urwüchsige Minaret daselbst hat dieselbe Gestalt der Türme. Von Cefalu stammt die kairuaner Kunst, der sie noch ein Jahrhundert lang sklavisch nachfolgt.

Doch betrachten wir weiter die islamischen Einzelheiten.

Der Polsterbogen, bei welchem jeder Wölbstein wie eine Art Polster ausgearbeit ist, stammt ebenfalls aus der Normandie und aus Frankreich. Wir finden ihn in Chivy bei Laon, in Marolles-en-Brie, in St. Peter in Soissons, wie in Marignac (Charente inférieure) und in St. Crépin d'Evron (Mayenne). Er dringt mit den frühesten Normannenbauten in Sizilien und Unteritalien ein, wo er sich besonderer Bevorzugung erfreut, und von da ins Heilige Land. In Sizilien sehen wir ihn am Dom in Palermo (1170—85), am Turm der Martorana daselbst (1113), an der kleinen Cuba. Im Heiligen Lande an der Heiligen Grabeskirche in Jerusalem (vor 1149) (Abb. 21). Von Sizilien und aus dem Heiligen Lande ist der Polsterbogen dann in die Kunst des Islams eingedrungen. Frühere islamische Polsterbögen kann man nicht beibringen.

Der Kerbschnittbogen ist ebenfalls eine Erfindung der Normannen. Er findet sich in England und in der Normandie damals im Übermaß vor und ist durch die sog. Schottenklöster auch überallhin nach Deutschland im 12. und 13. Jahrhundert gedrungen, sogar bis in das entlegene Ungarn. Selbst für die urislamische Verzierung der Mukarnas, der Stalaktiten, finden sich in Sizilien und im Heiligen Lande die frühesten der Zeit nach bestimmten Beispiele. So die Übergänge zu der Stalaktitenbildung in S. Cataldo (vor 1161) und in St. Johann von den Einsiedlern (1132), in der Zisa (vor 1166), die großartige Mittelschiffdecke in der Palastkapelle in Palermo (1132) (Abb. 18) wie in riesiger Größe in der Badiazza in Messina.

Auch die mit Kerbschnitten verzierten Säulenschäfte stammen aus England und Sizilien, wo insbesondere die Kreuzgänge in Cefalu und Monreale überschwengliche Beispiele zeigen.

Daß die Paläste, die Zisa, die Cuba, der Königliche Palast Palermos und von Favara, nicht von einem solchen



Abb. 20. Moschee in Cordova.
(Nach G. T. Rivoira, Arch. Musulm.)

aus Kalaa in Nordafrika abstammen, ist nach alle dem Vorhergehenden ganz ausgeschlossen. Eine so blühende und dichte Baukunst und Baumeisterschaft, wie die sizilisch-normännische, entwarf und bildete ihre Paläste selbst, zumal die Normandie wie England von Burgen starrte. Wie die islamische Baukunst insbesondere Nordafrikas von der normännischen Siziliens in allen Einzelheiten abhängig war, so natürlich auch im Palastbau. —

Auch im Festungsbau haben nicht die Kreuzfahrer das Wesentliche in Syrien erst gelernt. Die islamischen Mauern von Amida zeigen die gotische Schulung.

Der hochgestelzte Bogen entstammt ebenfalls der normännischen Baukunst Siziliens und Unteritaliens. Denn obgleich man ihn in England nicht mehr auffindet, so muß er doch normännisches Eigentum sein, da er sich an jedem sizilianischen Bau, ob Kirche oder Palast in zahlreichen Beispielen und in der verschiedensten Verwendungsart vorfindet. So in Palermo am Königlichen Palast wie in dessen Kapelle, am Dom, an der Martorana, an der Zisa und am Palaste Favara. Ebenso aber auch an den gleichzeitigen Normannenbauten Unteritaliens. Aus der islamischen Kunst lassen sich ältere Beispiele solcher hochgestelzten Bögen nicht anführen.



Abb. 21. Heilige Grabeskirche in Jerusalem.

Der Kleeblattbogen dagegen ist der normännisch-sizilianischen Kunst fast fremd. Er kommt wohl vereinzelt in England vor, aber seine Heimat sind Deutschland und Spanien. In Deutschland sehen wir ihn kurz vor 1200 in der spätromanischen Kunst entstehen, an Kirchen und Häusern in Köln und Trier, um dann seit 1200 besonders in den Zisterzienserbauten eine höchstbevorzugte Stellung einzunehmen. Seine herrlichsten Triumphe feiert er an der Marienkirche in Gelnhausen gegen 1220. Um die gleiche Zeit taucht er erst in der islamischen Kunst Spaniens auf. An der Giralda in Sevilla 1195 wie in dem Allerheiligsten in Cordoba ist seine Verwendung in voller Blüte. Es liegt natürlich am nächsten, das Eindringen des Kleeblattbogens in die islamische Kunst von Spanien aus anzunehmen, wenn nicht doch vielleicht die Kunst der Kreuzfahrer im Heiligen Lande ihn der Kunst Kairos erst übermittelt hat. Auch am Dom in Palermo sehen wir ihn schon gegen 1175.

Der Zackenbogen scheint dagegen in Spanien zuerst ausgebildet worden zu sein (Abb. 20). Denn man sieht schon an zwei Elfenbeinkästchen daselbst die Flechtbandkreise in Zackenlinien umgebildet, welche dem 10. Jahrhundert angehören. Das eine laut Inschrift von 968, das andere von 1005.[13]) Der Zackenbogen wird dann in der islamisch-spanischen Kunst das gepflegteste Lieblingskind, wie es die Alhambra uns zeigt. Ob die Zackenbögen Indiens, welche dort erst nach 1600 auftreten, dieser spanisch-islamischen Kunst entsprossen sind, will dagegen höchst fraglich erscheinen, einerseits, weil damals die spanisch-islamische Kunst längst erloschen war, anderseits weil die indischen Zackenbögen ihrer Ausbildung nach viel mehr denen der späten portugiesischen Gotik ähneln. Allerdings war ein anders gearteter Zackenbogenherd für Indien näher, nämlich das Zweistromland und Persien. Wir müssen uns daher nun erst mit diesen Ländern etwas näher beschäftigen.

Persien ist das Land, aus welchem in letzter Zeit alle Kunst des Islams, wenn nicht gar die Kunst des christlichen Europas herrühren soll. Persien beut sich zu solcher Behauptung am besten dar, weil von seiner frühen islamischen Kunst nichts erhalten ist. Selbst Dieulafoy[14]), welcher in frühen Zeitbestimmungen das Möglichste leistet, wagt, als vor dem 15. Jahrhundert entstanden, nur die Moscheen in Ispahan von 760 n. Chr., in Kaswin von 786 und in Schiras von 875 n. Chr. anzuführen. Dann springt er sofort auf 1437 bis 68 bei der Moschee in Täbris. Schon das hätte ihm Vorsicht anempfehlen müssen, ob in Ispahan, Kaswin und Schiras noch die alten Bauten vor uns stehen oder neuere, die ebenfalls erst dem 15. Jahrhundert entsprossen sind. So ist es in der Tat, soweit man diese Bauten in Abbildungen sieht. Sie gleichen völlig denen des 15. Jahrhunderts. Sie sind daher nicht mehr die ursprünglichen Bauten. Selbst Strzygowski ruft in dieser Erkenntnis aus: Was wissen wir überhaupt von persischer Baukunst der Sassaniden? — Dies ist auch erklärlich. Persien hatte seit 800 eine ähnliche Entwicklung durchgemacht wie die westeuropäischen Staaten. Die Blüte seines Volkes brachte es mit sich, daß die Städte auf derselben Stelle zu immer steigenderer Bevölkerung und wachsendem Reichtum gelangten und daher ihre alten Bauten abrissen, wenn diese nicht zusammenstürzten, und an derselben Stelle einen Neubau aufführten. Was steht bei uns noch von 760 n. Chr. aufrecht?

13) Migeon, Manuel d'Art. Abb. 110—112.

14) Dieulafoy, L'Art antique de la Perse, und L'Église et la Mosquée in Mélanges-Dérenbourg, 1909, S. 30.

Nichts. Nur ganz Vereinzeltes, das vor dem Jahre 1000 entstanden ist. In dem noch weniger erforschten Persien aber kennen wir Bauten vor 1190 überhaupt nicht. Auch die Wahrscheinlichkeit spricht völlig dagegen, daß der Perserbogen in früher Zeit schon durch Persien erfunden oder dort bekannt war. Denn auch die Länder, welche von ihm aus Islam und Baukunst erhalten haben, Afghanistan, Turkestan und Indien, kennen in so früher Zeit den Perserbogen nicht. Aber vorab zum Spitzbogen in Persien. Denn ehe der persische Spitzbogen, also unser Tudorbogen, erfunden werden konnte, mußte doch wohl auch in Persien zuerst der Spitzbogen vorhanden sein. Mit dem Nachweis des Spitzbogens in Persien zu so früher Zeit sieht es aber noch bedenklicher aus. Vor 1190 hat sich überhaupt kein Bau erhalten, und die Spitzbögen sind an einer Hand herzuzählen.

Eine Entwicklung zum Spitzbogen hin aber sehen wir überhaupt nicht. In England und Sizilien dagegen sahen wir seit rd. 1090 die Entwicklung des Spitzbogens in überaus zahlreichen und üppigen Beispielen vor sich gehen. Wir sehen ihn seit dieser frühen Zeit in begreiflicher Weise über Sizilien und durch das Heilige Land nach Nordafrika und Spanien einerseits, nach Ägypten, Syrien, Edessa und Kleinasien bis Armenien anderseits in der Zeit nach gut belegten Beispielen vordringen. Und nicht bloß der Spitzbogen allein, sondern auch die anderen Bögen gotischer Kunstübung.

Gegenüber diesem festgewurzelten und auf das dichteste verästelten Stammbaum mit Jahreszahlen nimmt sich der bisherige islamische Stammbaum des Spitzbogens so dürftig und kümmerlich aus, daß ein Zweifel gar nicht weiterhin bestehen kann: Der Spitzbogen stammt vom Ärmelkanal. Aus dem barbarischen Westen stammen fast all diese echt arabischen Einzelheiten der islamischen Baukunst. Herzfeld schildert diesen morgenländischen Stammbaum des Spitzbogens wie folgt:[14])

„Dazu die Form der Bogen [in Mschatta]: sie ist das Musterbeispiel des frühislamischen Spitzbogens, wie er in Samarra, am alten Tor von Raqqah, an allen umayadischen Säulen- und abbassidischen Pfeilermoscheen herrscht. Als architektonisches Prinzip ist der Spitzbogen der vorislamischen Zeit völlig fremd. Der klassischen Baukunst ist er bis in die spätesten Denkmäler hinein unbekannt geblieben. Die sassanidische Baukunst verwendet für ihre großen Tonnengewölbe den hohen, unregelmäßig elliptischen Bogen, für die kleinen Gewölbe und alle Türen und Fenster den Halbkreis, sowohl in Iran wie im Iraq, aber die Keime zum Spitzbogen liegen in der sassanidischen Baukunst des Iraq. Es erscheint mir zweifellos, daß er aus diesen Keimen heraus in den ersten Bogenbauten der islamischen Zeit im Iraq entstanden ist. Mit dem Islam verbreitet er sich, zuerst in der spezifisch irakenischen Form, über die halbe Welt nach Raqqah, Mschatta, Tubah, Kairo und Qairawan. Nur Syrien hat sich nicht gleich von der neuen Errungenschaft erobern lassen.“ Zergliedert man diesen dürftigen Stammbaum des morgenländischen Spitzbogens, so scheidet Raqqah aus, da es erst 1165 bis 66 laut Inschrift zu seiner Spitzbogenreihe gekommen ist unter Nuraldin Mahmud, der in Aleppo saß, welches durch seine Nachbarschaft an der Kreuzfahrerkunst von Edessa bis zum Toten Meer von dieser seine Baueinzelheiten erhalten hatte. Nebenbei sind diese Spitzbögen in Raqqah 1165 noch keine Perserbögen. Erst das Tor daselbst zeigt die beginnenden Perserbögen. Von wann es stammt, weiß man nicht. — Die umayadischen und die abbassidischen Moscheen sind nicht mehr vorhanden. Daß sie Spitzbögen hatten, ist höchst unwahrscheinlich. Die Spitzbogenkeime der Sassanidenkunst sind nicht vorhanden. Nichts deutet auf sie hin. Sie sind ein völliges Phantasieerzeugnis.

Daß die Verbreitung dieser unsichtbaren und nie gesehenen Spitzbögen über die halbe Welt bis Kairo und Kairuan ebenfalls nicht zutrifft, haben wir an der Moschee Sidi Okbas in Kairuan wie an der Ibn Tuluns und an denen der Fatimiden in Kairo nachgewiesen. So verbleibt Samarra. Danach käme also höchstens das Zweistromland, nicht aber Persien als sehr kümmerlich sickernde Quelle für den Spitzbogen in Betracht. Aber der einzige Bau aus früher Zeit daselbst, die alte Moschee mit ihrer Malwije, hat selbst keinen Spitzbogen, nur kreisrunde Fensterlöcher. Das eine Zackenfenster, welches halb nur erhalten ist, ergänzt Herzfeld zwar zum Spitzbogen, aber es sieht viel eher nach einem Rundbogen aus. Schließlich ist dieser eine fragwürdige Spitzbogen die einzige Unterlage für die Erfindung des Spitzbogens durch das Morgenland und die islamische Baukunst! Denn wann die Moschee von Abu Dilif entstanden ist — mit ihren beginnenden Perserbögen —, weiß niemand.

Welch dünner Nebelschwaden ist dieser Stammbaum morgenländischer Spitzbögen gegenüber dem kraftstrotzenden, festgewurzelten, dichtverzweigten normännischen Stammbaum des europäischen Spitzbogens an den beiden Ufern des Ärmelkanals.

Von dorther kommt über Sizilien und über das Heilige Land auch der Hauptteil aller übrigen islamischen Kunsteinzelheiten! Diese Moschee von Samarra nebst ihrem Minaret, der Malwije, sollte das Vorbild der Moschee Ibn Tuluns in Kairo mit ihren zahllosen, völlig entwickelten Spitzbögen sein! Was Samarra und seine große Moschee selbst nicht besaß, konnte es auch nicht überliefern. Ein neuer Beweis gegen die Entstehungszeit der heutigen Moschee Ibn Tuluns im Jahre 877! Auch besaß die Moschee in Samarra nicht die Pfeilerstellungen der Ibn Tulun-Moschee. Die anderen Bauten in und um Samarra, wie das Schloß El Aschik oder das Bet el Khalife sind ihrer Entstehungszeit nach so unsicher und haben so oft schon ihren Namen gewechselt, daß sie als Beweis für die Entstehung des Spitzbogens nicht in Betracht kommen, besonders auch in ihrer völligen Seltenheit und Vereinzelung nicht.

Der Spitzbogen mag hin und wieder im Zweistromland entstanden sein. Er wuchs sich dort zu keiner Stileigentümlichkeit aus; zu keiner Baudichte brachten es seine Bauten. Erst seitdem die Kreuzfahrer das Heilige Land bis Edessa mit ihren eigenen Spitzbogenbauten auf das dichteste überzogen hatten, dringt der Spitzbogen stilbildend in den Süden des Zweistromlandes wie in den Norden nach Armenien ein und von dort über

14) Der Islam, 1910, Bd. 1, S. 111 ff. [E. Herzfeld, Die Genesis der islamischen Kunst . . .]



Abb. 22. Kirche des hl. Michael in Escalada.
(Nach G. T. Rivoira, Arch. Musulm.)

Persien und Afghanistan bis Indien, wo in den ersten Bauten der Pathanfürsten um 1300 noch heut die Zeugen vor uns stehen, wie in Persien die jetzt verschwundenen Bauten ausgesehen haben müssen. Denn nur aus Persien können die Afghanen ihre islamische Baukunst erhalten haben, als sie ihre Moscheen im neu eroberten Delhi aufführten. Hier in Indien sehen wir auch überdies den Tudorbogen, den Perserbogen, in begreiflicher und vernunftgemäßer Weise vor unseren Augen entstehen. Im Siegestor Alla-ud-Dins bei Delhi von 1310 und in den Bögen der Moschee in Adschmir aus derselben Zeit haben wir die echt indische Umbildung des Spitzbogens in den Tudorbogen vor uns. Die Hindubaukunst kannte den Bogenbau bis dahin überhaupt nicht. Sie legte nur wagerechte Steinbalken über senkrechte

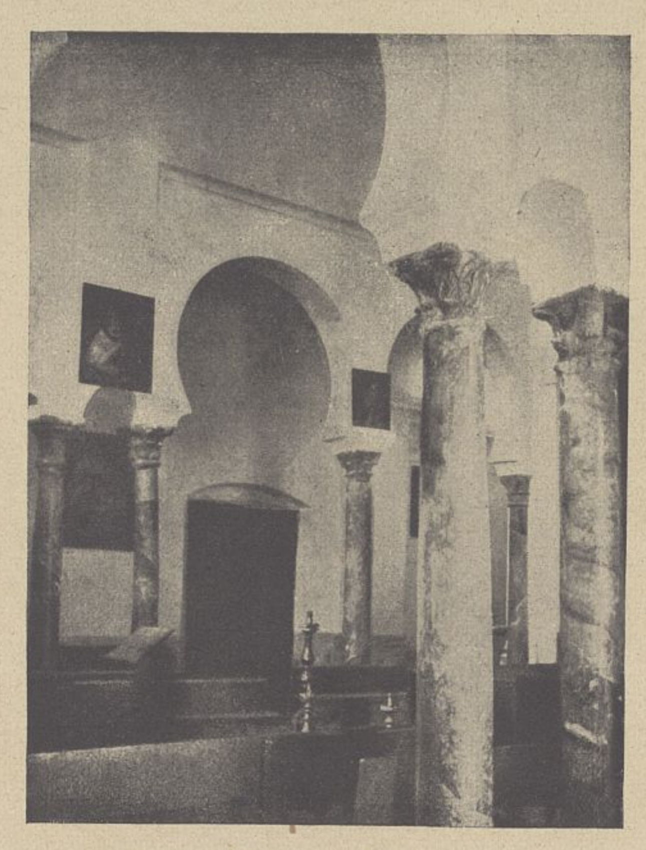


Abb. 23. Kirche Santa Eulalia in Toledo.
(Nach G. T. Rivoira, Arch. Musulm.)

Stützen und schränkte die freitragende Länge dieser Steinbalken durch herausgestreckte Kragsteine ein. Als diese Hindubaumeister nun Spitzbögen für ihre islamischen Herren herstellen sollten, deren Zeichnungen dieselben ersichtlich mitgebracht hatten, denn die Zeichnungen zeigen die schönste und reinste abendländische Frühgotik, da zogen sich diese Hindubaumeister auf ihre Art aus der heiklen Angelegenheit, d. h. sie kragten wagerechte Steinschichten heraus, so weit dies die Bogenform nur irgend zuließ und dann stirnten sie zwei lange gerade Steinplatten gegeneinander. So entstand der Tudorbogen von selbst durch die Unkenntnis der Hindubaumeister, wie man die Bogenform aus Keilsteinen, also aus Bogensteinen auf Lehrbögen, herstellen kann. Diese Hindubaumeister waren daher auch nicht die Erfinder des Bogenbaues, ebensowenig wie die Vorgänger der Griechen, die bei den Schatzhäusern die Bogenform ebenfalls durch wagerechtes Auskragen hergestellt hatten, ohne dadurch auch ihrerseits zum Gewölbebau zu gelangen. Während man hier beim Werksteinbau begreift, wie die Baumeister zur Tudorform gelangt sind und während er hier auch durch lange Steinstücke herstellbar ist, betrachtet man die richtigen persischen Bögen, die aus Backsteinen hergestellt sind, als Baumeister immer mit Erstaunen. Denn man begreift nicht, wie sich diese langen und geraden Bogenschenkel in Ziegeln ohne irgendein verstecktes inneres Hilfsmittel, etwa Holzbalken, frei tragen können. Sollte das wirklich nur dem vorzüglichen Mörtel zuzuschreiben sein? Für den Backstein ist die Tudorform derart unbegreiflich, daß man sich seine Entstehung aus der Ziegelverwendung weder erklären noch überhaupt für möglich halten kann. Beispiele dieser Entwicklung fehlen im Ziegellande überdies völlig. Im Werksteinlande Indien sehen wir dagegen diese Entwicklung heute noch vor unseren Augen in mächtigen und prächtigen Bauten dastehen. Wir begreifen auch völlig, wie diese Hindubaumeister in ihrer Unbehilflichkeit gegenüber den Bögen durch den Werkstein und durch ihre bisherige Auskragungskunst auf die Tudorform verfallen und zu ihr hingedrängt worden sind. Daher dürfte der Schluß nahe liegen, daß der in Indien erfundene Tudorbogen nach Persien zurückgeflutet ist und sich dort dem Backstein aufgezwungen hat. Natürlich ließe sich auch in einem anderen Werksteinlande diese Erfindung begreifen, etwa in einem Teile Persiens selbst, aber in einem anderen Lande als Indien fehlen die Beispiele, die Bauwerke, welche es heute noch erzählen, wie die Erfindung vor sich gegangen ist. Es finden sich dagegen selbst in Persien Backsteinbögen in Tudorform, bei denen die Baumeister sich durch schräges Herauskragen der Ziegelsteinschichten ebenfalls bemüht haben, um das richtige Bogenwölben herumzukommen, so daß man diese Bauten vielleicht als Werke in Anspruch nehmen darf, welche das Zurückfluten des in Indien erfundenen Tudorbogens bezeugen. Ein solches Vorgehen legt berechtigterweise den Gedanken nahe, daß in diesen Gegenden das Bogenwölben nicht einheimisch war, sondern daß es damals erst aus dem fernen Westen eingeführt worden ist, als z. B. Chosroes die Einwohner Antiochiens nach Ktesifon verschleppte.

An den Eingangstoren der Moschee in Adschmir ist das wagerechte Auskragen der Steinschichten sogar bis oben hinauf fortgesetzt. Die echt frühgotische Zackenbogenform

gestattete dies und hat nur im Scheitel eine leichte Ausspitzung erfahren. — Diese Übertragung der Kreuzfahrerkunst bis Indien hat nichts Unwahrscheinliches. Die Formen erzählen es zwar an sich schon laut und unwiderleglich. Aber wir haben aus späterer Zeit, wo die schriftlichen Quellen reichlicher fließen, den gleichen Vorgang belegt vor Augen: Die Schüler des berühmten Konstantinopler Baumeisters Sinan, des Schöpfers der Suleimanije in Konstantinopel und der Selimije in Adrianopel (vgl. Jahrg. 1919 d. Z., S. 375) gehen gegen 1550 zu Baber nach Indien und bauen ihm seine Paläste und Moscheen. Diesen Weg von Westen nach Osten hat die Baukunst ständig eingeschlagen. Das allein ist bewiesen. Nie den umgekehrten. Stolz kann das Abendland die islamische Baukunst als eine Tochter der Gotik für sich in Anspruch nehmen. Und es ist in der Tat eine Tochter, die der Mutter alle Ehre in der Fremde gemacht hat, auf die sie stolz sein kann.

Auch die Tempel- und Klösterüberreste in den Tälern Gandaras nördlich des Himalaya sind ein Beweis für diesen ständigen Zustrom westlicher Kunst bis in das Herz Asiens. Da sehen wir edelste griechische Formen von rd. 400 v. Chr.; römische aus der Zeit um Christi Geburt und frühgotische Spitzbögen dem Anfange des 13. Jahrhunderts entspressen Diese Spitzbögen sind ebensowenig aus den Tälern des Himalaya „herabgestiegen“[15]), die Bevölkerungen des Himalaya sind ebensowenig die Erfinder des Spitzbogens, wie auch die griechischen und römischen Bildwerke und Einzelheiten nicht hier im Himalaya erfunden worden sind.

Wir müssen nun noch den Anteil Spaniens an der islamischen Baukunst betrachten. Der Hufeisenbogen ist ihr in die Augen springender Beitrag. Dieser Hufeisenbogen ist urspanisch. Wohl war er auch in Syrien und Kleinasien seit rund 450 n. Chr. in Übung. Wir sehen ihn daselbst als Grundriß der Kirchenapsiden wie als Gestalt der Tragebögen unter den Hochschiffswänden. Von dieser altchristlichen Kunst aus gelangt er auch wohl in die Moscheenbauten. Aber in dieser Überfülle und mit dieser Vorliebe wie in Spanien und in dem künstlerisch von ihm abhängigen Marokko sehen wir den Hufeisenbogen nirgends verwendet. Besonders fällt auch seine Fugenverzierung und große Länge seiner Keilsteine in die Augen. — In Spanien läßt sich der Hufeisenbogen bis in die römisch-heidnische Zeit zurückverfolgen, wo ihn schon Grabstelen als Bekrönung zeigen (Abb. 24). Dann finden wir ihn in den Kirchenbauten der Westgoten wieder ebenfalls wie in Syrien als Tragebögen der Hochschiffswände (Abb. 22 u. 23). Von hier aus übernehmen ihn die Moscheen, deren erste Baumeister natürlich die unterworfenen Christen waren. Die Scharen Tariks brachten keine Kunst mit. Sie konnten auch keine Kunst mitbringen, da sie damals selbst noch keine Kunst besaßen und außerdem in Kairuan, ihrem Ausgangsort, noch Jahrhunderte lang von den christlichen Staaten des Mittelmeeres in der Kunst abhängig waren. So abhängig, daß selbst 1296 der Neubau ihrer Moschee noch völlig sizilisch-normännisch ist. Den westgotischen Hufeisenbogen hält aber das islamische Spanien und Nordafrika eisern fest, als ihn die christlichen Baumeister des Abendlandes schon längst verlassen haben. Er bildet sich in Nordafrika, besonders in Marokko zu immer größerer Umfänglichkeit aus und wird zum Haupterkennungszeichen für diese westliche islamische Kunst, gerade so wie der Perserbogen zum Kennzeichen der östlichen islamischen Baukunst geworden ist. Im Nillande stoßen sie aneinander, durchdringen sich und besonders der spätere Hufeisenbogen, der statt des Rundbogens einen Spitzbogen aufweist, dringt über Ägypten auch nach Osten vor; während der Perserbogen nicht über das Nilland nach Westen gelangt, oder doch nur in ganz vereinzelten Fällen. Die Herkunft der vierkantigen spanischen und nordafrikanischen Minarets von den christlichen Kirchtürmen der Normannen Siziliens haben wir schon nachgewiesen. Und so sehen wir auch hier in Spanien, dem dritten Einfallstor christlicher Kunst in den Machtbereich des Islams, wie die islamische Baukunst eine unmittelbare Tochter der mittelalterlichen Baukunst war.

Die bisher geschilderten Einzelteile der islamischen Baukunst sind Ausstrahlungen der europäischen christlichen Kunst. Wer dies erkennt — und dazu muß man natürlich die mittelalterliche Kunst der Christen sowohl in ihrer Gestalt wie in ihrer Geschichte kennen —, verfolgt diese Ausstrahlungen richtig rückwärts zu ihrem Ausstrahlungsherde. Je näher er diesem kommt, desto dichter werden die Bauten, desto sicherer und desto früher ihre Entstehungszeiten; desto selbstverständlicher ihre Entstehung und ihre Gestalt selbst. Wer dagegen den Herd in der irrigen Richtung vermutet, der gleitet auf den immer schwächer werdenden Strahlen in die ungewisse Dämmerung hinaus. Immer weiter entweicht ihm das Irrlicht. Greift er im Zweistromland zu, entweicht es ihm nach Persien. Greift er dort zu, entrinnt es nach Turan oder nach Süd-Arabien. Das unbekannte barbarische Heimatland aber harrte vergeblich auf die entschleiernde Hand.



Abb. 24. Grabstele.
(Nach Rivoira, Architettura Musulmana.)

15) Diez, E., Die Kunst der islamischen Völker. Berlin 1915.

Die Rathäuser der Stadt Aachen, deren Wiederherstellung und ihre Anbauten.

Vom Baurat Laurent, Stadtbaurat in Aachen.

(Mit Abbildungen auf Blatt 18 bis 20 im Atlas.)

Aus reichsstädtischer Zeit waren der Stadt zwei Rathäuser überkommen, beide geschichtlich und kunstgeschichtlich wertvoll, aber das eine vernachlässigt und stellenweise baufällig und das andere als Ruine. Von dem letzteren, dem ältesten, 1267 am Fischmarkt erbauten bestanden nur noch die Front und dahinter wenige Reste. Es soll daher an zweiter Stelle erwähnt werden.

Abb. 1. Vorderfront des Rathauses um 1872.

Wie stolzer Bürgersinn im 14. Jahrhundert auf den Resten der Kaiserpfalz den mächtigen Bau entstehen ließ und durchdrungen von seiner Bedeutung als Krönungsfesthaus der deutschen Kaiser und Könige ihn zum Abhalten der hohen Feste prächtig ausstattete, wie eine spätere Zeit, als der Stadtbrand im Jahre 1656 Dach und Türme geraubt hatte, ihm hohe Türme im Stile der Spätrenaissance gab, wie das 18. Jahrhundert danach strebte, den gotischen Bau durch Vorsetzen einer neuen Front und geänderte Innenausstattung in einen Barockbau umzuwandeln, so hat auch die Neuzeit, nachdem die Stadt 1815 unter preußische Herrschaft gekommen war, es nicht unterlassen, ihr Rathaus im Sinne seines Erbauers wiederherzustellen zum Schmuck und zum Ruhme der Stadt.

Selbst als im Jahre 1883, während die Wiederherstellungsarbeiten in vollem Gange waren, Dach und Türme den Flammen nochmals zum Opfer fielen, wobei vieles in den letzten Jahren erneute zerstört wurde, so erlahmte auch durch dieses Mißgeschick der Opfermut nicht. Im Gegenteil strebte man nunmehr mit noch größerem Eifer an, alles zweckentsprechend und kunstgerecht herzustellen. Die Arbeiten haben sich denn über das ganze Haus von der Grundmauersohle bis zum Dachfirst im Innern und Äußern erstreckt. Alle Teile wurden untersucht und, wo nötig, derart ergänzt und verstärkt, daß das Bauwerk nach menschlichem Ermessen bei sorgfältiger Unterhaltung das zweite Jahrtausend überstehen wird.

Trotz der vielen gewaltsamen Eingriffe haben Mauern und Gewölbe standgehalten; selbst beträchtliche Teile der karolingischen Pfalz an der westlichen Exedra, jetzt Marktturm genannt, an der Hinterfront und am Granusturm, dem quadratischen Turm an der Ostseite, sind deutlich erkennbar, und so hat das Gebäude für die Stadt um so höheren Wert, als es ihre Geschichte vom Anfang bis heute verkörpert.*) In Steinschrift zeigt es, daß ungeachtet all der Wirrnisse und Zerwürfnisse in der langen Zeit seines Bestehens sich die Bürgerschaft immer wieder zusammenfand, wenn es galt, den Sitz der städtischen Verwaltung zu kennzeichnen und damit die Macht und Würde der Stadt zum Ausdruck zu bringen.

In den ersten Jahren der schweren Zeit nach der fast zwanzigjährigen Fremdherrschaft der Franzosen von 1794 bis 1813 und der durch die jahrelangen Durchzüge der Verbündeten während des Freiheitskrieges noch vermehrten Geldnot und Verarmung mußte die Stadt sich zuvor erholen, ehe sie an nicht unumgänglich notwendige Aufgaben, wie an die Wiederherstellung und Verschönerung ihres Rathauses herantreten konnte, obschon das Gebäude baufällig und verstümmelt und im Innern verwahrlost war. Die Hinterfront und ganz besonders deren Südwestecke, wo die unsachgemäß gelagerten Gebinde des nach 1656 errichteten Dachhelms des Marktturmes

*) Vgl. die Veröffentlichungen im Zentralbl. d. Bauverw. 1896 S. 33 u. 46, 1916 S. 530 u. 544 und in der Denkmalpflege 1916 S. 59.

zerstörend wirkten, bedurfte dringend der Verstärkung, sollte der Bestand des Bauwerks nicht in Frage gestellt werden. Zur vorläufigen Sicherung scheute man sich nicht, in den beiden Jochen neben dem Marktturm zwei Anker von der Hinterfront zur Vorderfront frei in Kämpferhöhe durch den Saal zu führen. Zum Saale gelangte man außer über die Wendelstiege in der Nordwestecke, Kaisertreppe genannt (vgl. Text-Abb. 9), auf einer in der Barockzeit von J. J. Couven eingebauten Holztreppe, die vom Untergeschoß bis zum Saal führte und dort gänzlich unvermittelt frei im Raum endigte. Die zweite Wendeltreppe im nordöstlichen Treppenturm, die das Erdgeschoß mit dem Saal verband, war damals schon nicht mehr begehbar. Häßliche, schwere gemauerte Rippen unterstützten im Erdgeschoß das Gewölbe über dem südlichen Joch am Granusturm. Sogar den Saal teilten eingezogene Mauern und Zwischendecken in eine Anzahl größerer und kleinerer, teils zweigeschossiger Räume, in denen die Fenster des oberen Geschosses am Fußboden begannen, doch schon in Schulterhöhe endigten. Prunkvoll zwar waren mit Stuck und Gemälde und geschnitzten Wandbekleidungen fünf Joche im Erdgeschoß und im Obergeschoß namentlich der erst drei, später vier Joche umfassende „Große Rathaussaal" ausgestattet. Aber selbst auf die Unterhaltung dieser Räume muß geringer Wert gelegt worden sein; denn sie beschränkte sich auf gelegentliches Kälken des Stucks und Anstrich der Wandbekleidungen.

In einem derartigen Zustand befand sich das Baudenkmal, das trotz allem sein hervorragendes und vornehmes Gepräge bewahrt hatte, als der Kunstverein für Rheinland und Westfalen in Düsseldorf mit dem Antrag 1839 an die Stadt herantrat: die Wandflächen des damaligen großen Rathaussaales mit Gemälden aus der Geschichte Karls des Großen zu schmücken, falls die Stadt die Hälfte der Kosten trüge. Dieser Antrag, der freudige Aufnahme fand, hat tatsächlich die völlige Wiederherstellung veranlaßt, indem die eine Arbeit die andere forderte. Anfangs beabsichtigte der Kunstverein, der offenbar nicht genügend mit der Baugeschichte vertraut war, die Bilder auf die später eingebauten Wände zu bringen, doch erkannte man noch rechtzeitig, daß dadurch die Möglichkeit, dem Saale seine frühere Größe wiederzugeben, genommen wäre. Als darauf die Stadt beschloß, die Zwischenwände zu entfernen, die Saalfenster an der Südseite zum Beschaffen von Wandflächen für die Gemälde zu vermauern und einen würdigeren Zugang durch den Anbau eines Treppenhauses herzustellen, das zugleich der gefährdeten Hinterfront zur Stütze diene, da erhob sich ein heftiger Widerspruch in der Bürgerschaft gegen die Beschlüsse, der jahrelang den Beginn der Gemälde hinausschob. Der Streit richtete sich nicht gegen letztere, vielmehr gegen das Zumauern der Fenster, die der gotischen Halle ihre Eigenart wahrten, der Sonne Eintritt gewährten und einen schönen Blick auf das Münster eröffneten. Dieser nicht unbegründete und wohl verständliche Kampf gegen jeden Eingriff in den baulichen Bestand eines Raums von solch weltgeschichtlicher Bedeutung wurde durch ein Machtwort des Königs Friedrich Wilhelm IV. beigelegt, der sich für die Pläne der Verwaltung aussprach.

Der kunstliebende König überwies der Stadt für das Rathaus in mehrmaligen Raten die Summe von 195 000 Mark aus den Einnahmen der Aachener Spielbank, die seit 1841 vertraglich 25 vH. des Reingewinns an den Staat abliefern mußte. Mit dem Bau des Treppenhauses, den Maßnahmen zur Sicherung der Hinterfront und der Ausbesserung eines Saalgewölbes wurden auch die Zwischenwände entfernt und nach Vermauern der Fenster die Bildflächen durch vorgesetzte Wände hergestellt. Beim Entfernen des Putzes kamen sowohl auf den Ecken der Mittel- und Wandpfeiler als auch über den Fenstern an der Nordwand im ganzen 37 stark verstümmelte Kragsteine zum Vorschein, die bis auf zwei beim Aufbau der Wände und Anbringen des Stucks anscheinend absichtlich zerstört waren. In der irrigen Meinung, daß hier die gleiche Anzahl Könige gekrönt seien, sollten dann Standbilder auf die ergänzten Kragsteine gestellt werden.

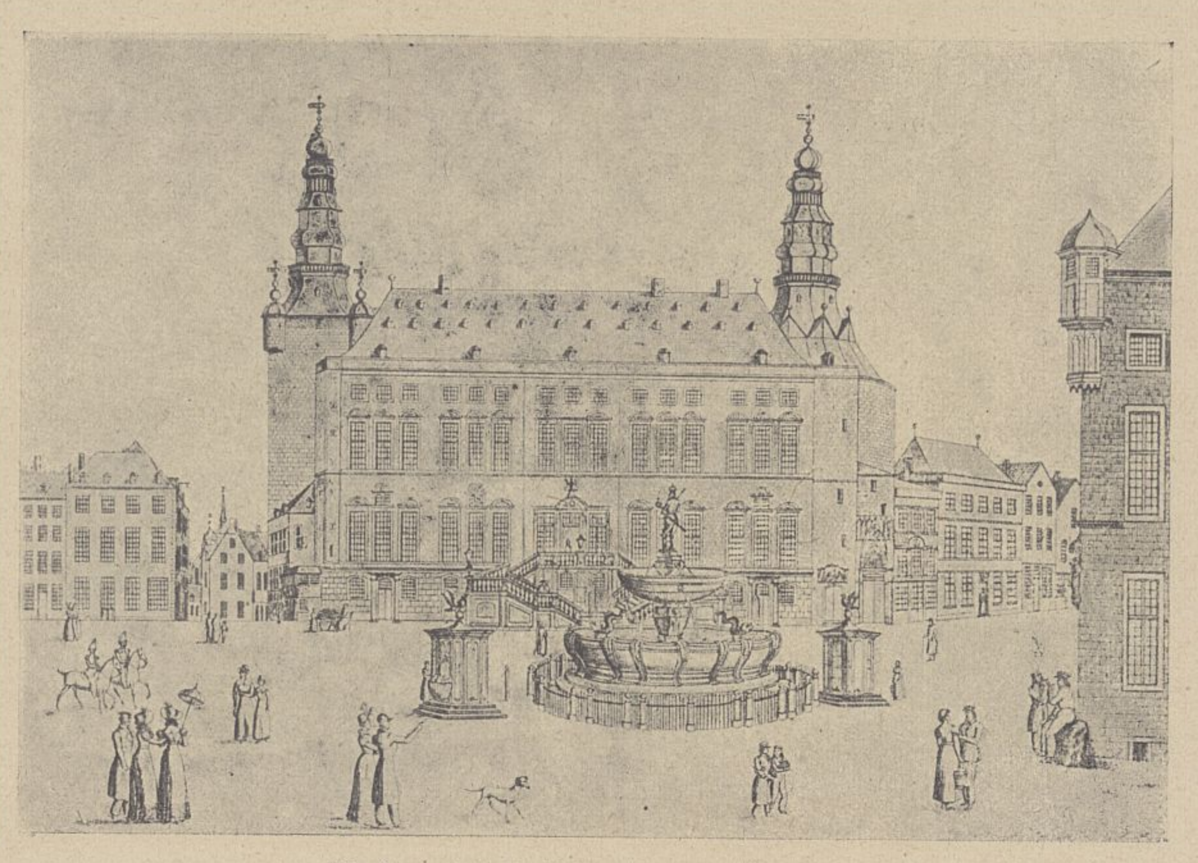


Abb. 2. Ansicht des Rathauses mit dem Marktplatze.
Zeichnung von Joh. Peter Scheuren, 1826.

Infolge der langwierigen Verhandlungen und der zeitraubenden baulichen Arbeiten verzögerte sich die Inangriffnahme der Gemälde bis zum Jahre 1847. Der Kunstverein betraute damit den Sieger im Wettbewerb, den Kunstmaler Alfred Rethel, einen Sohn der Stadt Aachen. Rethel reichte sieben Entwürfe ein: den Sturz der Irmensäule, die Sarazenenschlacht, die Taufe Widukinds, die Kirchenversammlung in Frankfurt, die Krönung Karls durch Papst Leo III., die Übergabe der Kaiserkrone an Ludwig den Frommen und die Auffindung der Leiche Karls durch Otto III. Alle Entwürfe fanden die Zustimmung der Stadt bis auf den der Kirchenversammlung in Frankfurt, gegen den kirchliche Rücksichten sprachen. Als Ersatz dafür gab Rethel den Entwurf der Erbauung des Aachener Münsters, der gebilligt wurde. Als achten Entwurf, wohl einer der besten, fügte er noch den Einzug in Pavia hinzu (Text-Abb. 3). Zuerst malte er das Bild der Auffindung der Leiche Karls und setzte dieses, obgleich es den Schluß bilden sollte, an die Spitze der Reihe, zunächst wohl veranlaßt durch die Form und Größe der Fläche, die für die übrigen Darstellungen nicht genügte, dann aber auch wohl in der Überzeugung, daß keines so wie dieses den gewaltigen Kaiser darstellte und geeignet war, den Beschauer auf die folgenden Taten vorzubereiten. Nachdem der Künstler die Gemälde: „Den Sturz der Irmensäule“, „Den Sieg über die Sarazenen bei Kordova“ und „Den Einzug in Pavia“ fertiggestellt hatte, unterbrach er 1851 seine Tätigkeit in der Absicht, sie nach Beendigung der ihn belästigenden Bauarbeiten fortzusetzen. Das Vorhaben auszuführen, sollte ihm jedoch nicht beschieden sein; die Vorsehung hatte es anders bestimmt, denn eine schwere Krankheit nahm ihm den Künstlerstift aus der Hand. Ein überaus schwerer Verlust war es für die Kunst, wie nicht minder für die Stadt, die das so herrlich begonnene, von so persönlicher Eigenart durchdrungene Werk einer seltenen Schöpferkraft einem anderen überlassen mußte. Die Fortführung nach Rethels Entwürfen und den leider nur zu der Taufe Widukinds vorhandenen Kartons übertrug der Kunstverein im Einvernehmen der Stadt dem Kunstmaler Joseph Kehren aus Düsseldorf, den man als besonders dazu befähigt glaubte, weil er bereits Rethel behilflich gewesen war. Die Fertigstellung erfolgte Ende 1861.

Abb. 3. Wandgemälde im Kaisersaal. Einzug Karls des Großen in Pavia.
Von Alfred Rethel.

Auf die unvergleichlichen Kunstwerke, vornehmlich auf die von Rethel eigenhändig gemalten, näher einzugehen, verbietet der zur Verfügung gestellte Raum. Es soll jedoch bei dieser Gelegenheit nochmals unterstrichen werden, daß die von einigen geäußerte Ansicht, die Aachener trügen Schuld an Rethels Erkrankung, nach den Akten unrichtig ist. Wenn überhaupt etwas daran Schuld tragen könnte, so war es nicht die Kritik der Aachener, von denen auch nicht der Vorschlag ausging, die Rethelschen Gemälde verbessern und retuschieren zu lassen. Beide, Kritik wie Vorschlag, enthalten die Protokolle der vom Kunstverein entsandten Kommissionen von Sachverständigen, deren Urteil den Künstler sicher empfindlicher traf, als das der Aachener. Die infolgedessen ebenfalls in der Stadt geteilte Bewertung der von Rethel und der von Kehren gemalten Bilder ist längst überwunden. Vorbehaltlos wird den ersteren der Vorzug gegeben: Diese flächig, wie ein Gobelin wirkend, gewaltiger noch in der Zeichnung als in der Farbe, jene etwas süßlich, aus der Fläche hervortretend, mehr der Staffeleimalerei ähnlich. Der Ästhetiker Fr. Th. Fischer, wie Max Schmidt in der leider vergriffenen Künstlermonographie über Rethel erwähnt, sagt sehr zutreffend über die Fresken, nachdem er sie in der Skizze gesehen: „Das ist es ja, das ist ja der Weg, den der deutsche Stil einschlagen muß, wenn

er rein, wenn er klassisch und doch nicht unwahr schön sein soll. Das ist jene richtige Beimischung eines Zuges von Albrecht Dürer zu der plastisch geschwungenen Linie, die wir in der Antike, Lionardo, Raffael und Michelangelo gelernt haben. Hier hat ja einer mit starker Hand die Gegensätze gebunden, welche zu verschmelzen die Aufgabe unserer einheimischen Kunst ist, — der reine Formenadel der klassisch fühlenden Italiener ohne die Art von Idealität, die uns zu allgemein, zu generell ist, die strenge, ja eckige Individualisierung Dürers in rechtem, gedämpften Maße, ohne Ecken und Brüche. Alles groß und historisch und doch schlicht, voll gesunder und naiver Herbe, unangesteckt von jenem Zuge des Gesehenseinwollens, den die Franzosen und das Theater in unsere Kunst eingeführt haben.“ Dem begeisterten Urteile stimmt die heutige Zeit zu; die Stadt Aachen ist stolz auf die unsterblichen Werke ihres großen Sohnes.

Um so schmerzlicher berührte 1885 die Entdeckung, daß die Farben und zumeist die von Rethel mit ungeeignetem Bindemittel aufgesetzten Temperaretuschen sich fischschuppenartig lösten und abzufallen drohten. Im Hinblick auf den künstlerischen Wert der Gemälde, der zur Wahrung ihrer Eigenart jede Nachhilfe unter Anwendung von Farbe ausschloß, beauftragte die Stadt mit Genehmigung des Staatsministeriums den Maltechniker Gerhardt in Düsseldorf nach einem von ihm erfundenen Verfahren unter Aufsicht des Professors Baur, ebenfalls aus Düsseldorf, die losen Teile durch mechanisches Anheften zu befestigen. Es war eine mühevolle, aber erfolgreiche Arbeit. Seitdem läßt die Stadt jedes Jahr die Gemälde von Gerhardt untersuchen, der dabei gefundene Mängel in gleicher Weise beseitigt. Die Erfahrung lehrt, daß einmal befestigte Stellen sich halten und die Schäden mit jedem Jahre geringer werden. Demnach scheint ihre Erhaltung vorderhand gewährleistet zu sein.

Mit den Arbeiten im Innern gelangten auch die an der Fassade zur Ausführung. Da jedoch auch diese ernsten Widersprüchen begegneten, mußte wiederum des Königs Wort entscheiden. Der König befahl nach einem eingehenden Vortrag des Geheimen Oberbaurats Stüler im Jahre 1856 die Ausführung nach dem Plane des Stadtbaumeisters Ark (Blatt 18), trotzdem im vorhergehenden Jahre ein von der hiesigen Regierung eingereichter Gegenentwurf des Landbaumeisters Seyffarth (Text-Abb. 4) die Königliche Genehmigung erhalten hatte.

Hierbei drängt es mich, zu erwähnen, daß die Verdienste Arks um die würdige und stilgerechte Instandsetzung des Rathauses bis jetzt viel zu wenig bekannt sind und gewürdigt werden, besonders wenn man dabei berücksichtigt, wie um 1840 über gotische Bauten noch geurteilt wurde, und welche Schwierigkeiten ihm von vielen, auch maßgebenden Seiten entgegentraten. Ark war jedoch eine zu offene, gerade Natur, um sich dadurch von dem als richtig erkannten Weg abbringen zu lassen. Mit Ruhe und Ausdauer, und wenn nötig ohne Rücksichtnahme, hat er sein Ziel verfolgt. Die schöne, mächtige Rathausfront, wie wir sie heute sehen, ist mit einigen geringfügigen Abänderungen sein Werk, dem

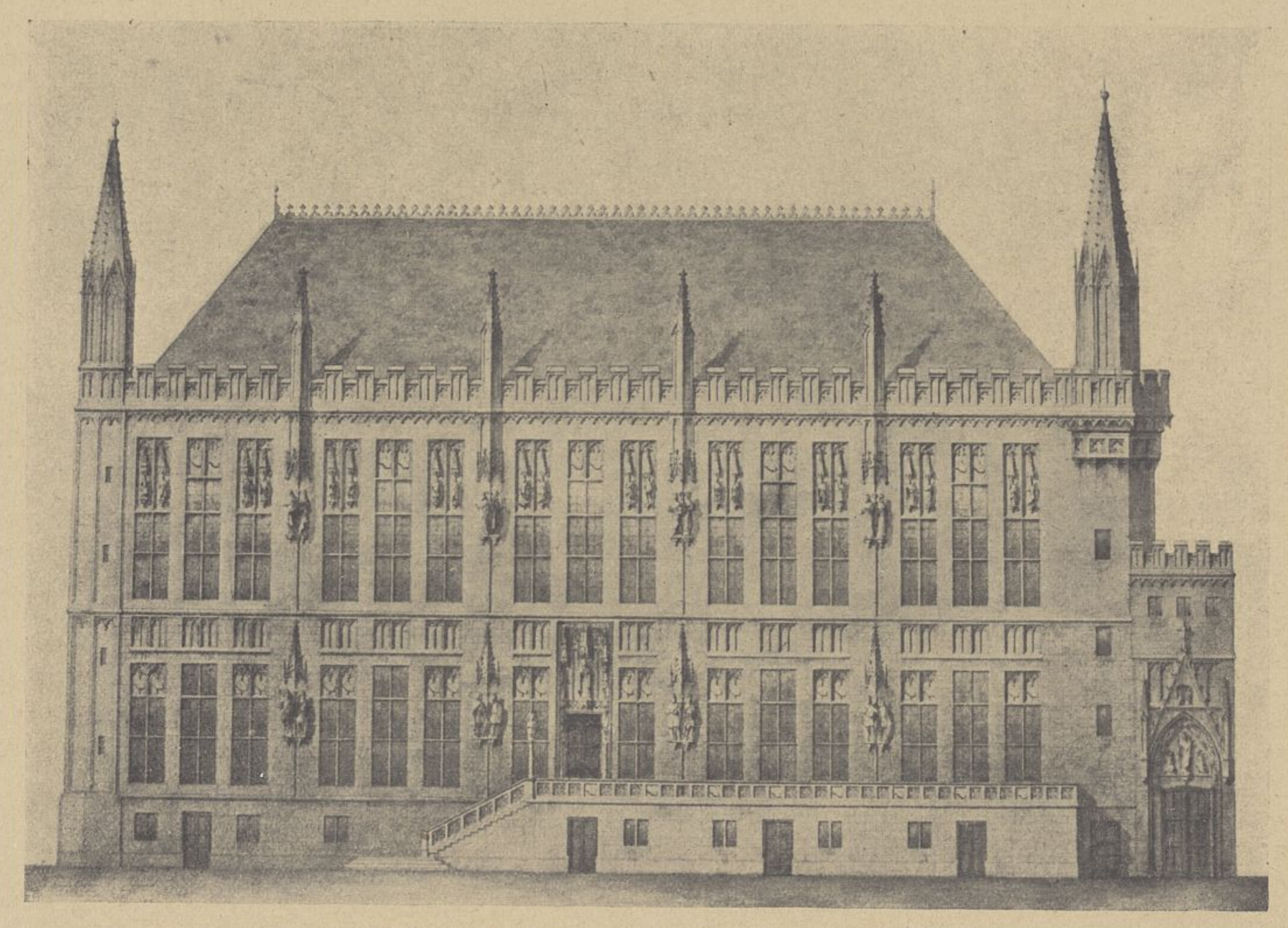


Abb. 4. Entwurf zu der Vorderfassade vom Landbauinspektor Seyffarth.



Abb. 5. Marktfront nach der jüngsten Wiederherstellung.

er sich mit seiner ganzen Tatkraft hingegeben hat. Er hatte alles wohl erwogen und vorbereitet, und seine Entwürfe, die er auf Grund genauer Studien meist eigenhändig gezeichnet hatte, sind grundlegend geblieben. Als Anerkennung für seine langjährige und unermüdliche Tätigkeit überreichte ihm die Stadt bei Gelegenheit seines am 23. Dezember 1876 gefeierten 50jährigen Jubiläums der Ablegung des ersten Examens zur Baumeisterlaufbahn ein wertvolles Album, ließ

zu seiner Ehrung den von ihm auf dem Münsterplatz erbauten Brunnen mit Figuren schmücken und im Kaiserbad, dem zweiten Hauptwerk Arks, eine Tafel mit der Baulegende anbringen.

Abgesehen von manchem anderen bestand der Hauptgegensatz zwischen den Entwürfen Arks und Seyffarths in der Gestaltung der Saalfenster und des oberen Figurenfrieses. Ark führte an der Hand der örtlich gefundenen Einzelheiten die Fenster ohne Unterbrechung des Frieses in einer Höhe durch im Gegensatz zu Seyffarth, der gleichwie im Erdgeschoß die mittleren Fenster eines jeden Joches erhöhte und dadurch den fortlaufenden Figurenfries unterbrach. In dem Gutachten Stülers und von Quasts heißt es, daß „die Anordnung der Fenster des Obergeschosses, welche durch die technische, archäologische Untersuchung als die ursprüngliche anerkannt werden müsse, vor allen anderen Restaurationsversuchen den Vorzug“ verdiene, und daß die durchgehende Standbilderreihe in den Blenden oberhalb der Fenster dem ganzen Gebäude „einen so ruhigen, ernsten und doch belebten Abschluß“ gäbe, „wie er durch eine größere Mannigfaltigkeit der Formen schwerlich erreicht“ werden könne. Dieses entscheidende Gutachten hat der Fassade ihre Eigentümlichkeit bewahrt. Obgleich nunmehr alle Hindernisse geebnet waren, konnten trotzdem die Arbeiten nicht nach Wunsch gefördert werden, weil die Mittel fehlten, und die Spielbank, auf deren Einkünfte man weiter gerechnet hatte, am 4. Oktober 1854 durch telegraphische Anweisung des Ministers des Innern v. Westphalen endgültig mit der Begründung geschlossen war, daß das Spiel unter das Strafgesetzbuch falle. Da alle Bemühungen um die Genehmigung zur Wiederaufnahme des Spiels erfolglos blieben, sind die Arbeiten mit jahrelangen Unterbrechungen einschließlich der neuen Freitreppe, der Bekleidung des Sockelgeschosses, des Marktturmportals und der Dreikönigentür bis auf den figurlichen Schmuck erst 1880 vollendet worden.

Wie bisher bei allen Entwürfen traten 1865 bei den Vorschlägen für die Standbilder der Vorderfront die widersprechendsten Ansichten auf, die diesmal so heftig und derart persönlich verfochten wurden, daß sich die Verwaltung zur Beruhigung der Gemüter veranlaßt sah, die Angelegenheit im Interesse der Sache selbst mehrfach zu vertagen. Wiederholt wurden die Regierung und selbst der König um Entscheidung angerufen. Die Gegensätze bestanden hauptsächlich darin, ob das staatliche oder das städtische Element überwiegen, ob Kaiserstandbilder oder Zunftstandbilder angebracht werden sollten. Dabei hielten beide Parteien daran fest, den Saal mit Kaiserstandbildern zu schmücken, ungeachtet der Wiederholung in dem einen Falle. Die verschiedensten Gutachten wurden eingeholt, ohne jedoch die Gegensätze zu beseitigen. Davon enthält eines sogar ernstgemeinte Vorschläge zu wesentlichen Änderungen der Fassade unter bewußter Beiseitestellung des baulichen Befunds. Es fand



Abb. 6. Neues Rathaus am Katschhof.

selbstverständlich von keiner Seite Unterstützung. Auch die Regierung stellte es nur zur Beachtung anheim. Erst die von der Regierung angeordnete Prüfung der Frage, ob es tatsächlich möglich sei, auf den Saalkonsolen würdige Kaiserstandbilder aufzustellen, führte zu einer Einigung. Da die Versuche ergaben, daß die Standbilder immer zu klein zu dem Maßstab der Figuren auf den Bildern wirkten und dann noch zu groß unter der Wölbung des Gurtbogens auftraten, mußte von Kaiserstandbildern im Saal abgesehen werden. Dadurch war die Auswahl für die Vorderfront endgültig und von selbst entschieden. Die Modelle zu den Standbildern stammen überwiegend von der Hand des Prof. Mohr in Köln, einige auch von den Bildhauern Werres und Renard, ebenfalls in Köln, und den Aachener Bildhauern Dunstheimer, Müller sowie Pohl und Esser. An der Ausführung in Stein beteiligten sich jedoch fast alle Bildhauer Aachens. Als alle Vorkehrungen zum Aufstellen von Standbildern an der Front auf den vorspringenden östlichen Doppelkonsolen getroffen waren, da wiederholte sich am Peter- und Paulstage 1883 das schauerliche Ereignis, durch welches Dach und Türme durch Feuer zerstört wurden. Ein Funke, der von einer ziemlich entfernten Brandstätte in den Granusturm eingedrungen war, hatte genügt, trotz angestrengter Gegenwehr das mächtige Dach und die hohen Türme in kaum einer Stunde zu vernichten (Text-Abb. 3). Die zweihundertjährigen Wahrzeichen der Stadt hatten nichts als eine hohe qualmende Schicht auf den Gewölben hinterlassen, aus der nach Tagen noch zeitweilig Flammen emporstiegen; denn ein gründliches Ablöschen hätte die Gewölbe und die Gemälde gefährden können. Die von der Feuerversicherung gezahlte Entschädigung betrug 90965 Mark. Demnach war es sofort klar, daß für eine würdige Wiederherstellung recht bedeutende Mittel aufgewendet werden mußten.

Abb. 7. Altes Rathaus. Front am Katschhof.

Zur Beschaffung der Pläne für die Wiederherstellung des Daches und der Türme, der Verstärkung der Hinterfront, des Ausbaues des Marktturms und des Anbaues an den Granusturm wurde unter deutschen Architekten ein Wettbewerb ausgeschrieben, aus dem Professor G. Frentzen in Aachen, der jetzige Geheime Baurat, als Sieger hervorging. Gleichzeitig beauftragte der Oberbürgermeister das Stadtbauamt mit der Anfertigung der Pläne zum Instandsetzen und weiteren Ausbau des Innern und im einzelnen mit der Anlage einer Zentralheizung und der elektrischen Lichtanlage, dem Ausschachten und Überwölben der verschütteten Kellerräume, der Beseitigung des 1846 eingebauten Zwischengeschosses, das als Stadtrenteikasse benutzt wurde, mit dem Ergänzen des dort fehlenden und des im Nebenraume baufälligen Kreuzgewölbes, der Herstellung eines Ratskellers und auskömmlicher Küchenräume, der Ausschmückung der Vorderfront mit Standbildern und figürlichen und ornamentalen Darstellungen sowie der Instandsetzung der bereits schadhaft gewordenen Teile der Front, überhaupt mit allem, was sich für einen Wettbewerb weniger eignete. Beide Entwürfe erhielten die Genehmigung des Kaisers, und die Stadt betraute einen jeden der beiden Bearbeiter mit der Ausführung seiner Entwürfe.

Die von Frentzen entworfenen und geleiteten Arbeiten bestanden in dem Ausbau des Marktturms und dem Einbau

einer massiven Wendelstiege daselbst, die die verschiedenen eingebauten Geschosse des Turmes verbindet und zugleich den Schub der Saalgewölbe und die Hauptlast des Marktturms aufnimmt; ferner in dem Erneuern des Zinnenkranzes und der Fialen der Vorder- und Hinterfront und dem Verstärken der letzteren durch Ecktürme und Strebepfeiler, sodann in der Herstellung der Arkadengalerie an der Hinterfront und dem Beseitigen der dort später gebrochenen Fenster; in der Neuverblendung des Treppenhausanbaues; weiter in dem Anbau an den Granusturm entlang der Krämerstraße; außerdem in der Änderung des Hauptportals und dem Beschaffen einer reichen, mit bronzenen Beschlägen und Flachbildern geschmückten Eingangstür und dem Abschluß des Rathausgartens gegen den Katschhof, namentlich aber in dem bedeutendsten Teile der Aufgabe: im Aufbau des Daches und der Türme. Das Gerippe des steilen Daches und der hohen Türme ist mit Ausnahme der Sparren in Eisen hergestellt. Die Dachhaut besteht aus rheinischem Schiefer, in deutscher Art gedeckt, auf Holzunterlage. Als Metall kam durchweg Kupfer zur Verwendung. Das Dach mißt von der Traufkante bis zum First 14 m; die Höhe der Türme beträgt von der Traufkante ab 56,60 m und vom Bürgersteig ab 79 m. Mächtige Kronen von 1,80 m Durchmesser, die Kaiserkrone am Marktturm und die Städtekrone mit Zinnen und Türmen am Granusturm, betonen den Anfang der mit Wetterfahnen geschmückten Spitzen. In der Höhe werden die Türme durch drei betretbare Galerien geteilt, deren unterste am Granusturm massiv in Stein zinnenartig ausgebildet ist. Erst von der zweiten Galerie ab sind sie in der Masse gleich. Wie früher wurde eine Uhr mit vier Zifferblättern und Schlagwerk eingebaut. Je fünf größere Luken zieren das Dach der beiden Fronten, und 15 bzw. 13 Dach-

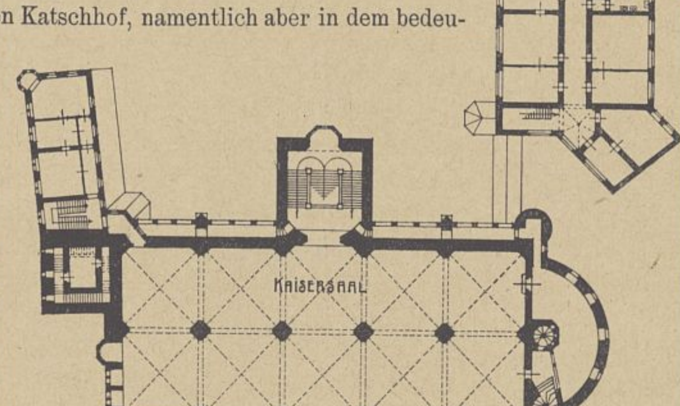


Abb. 8. Obergeschoß.

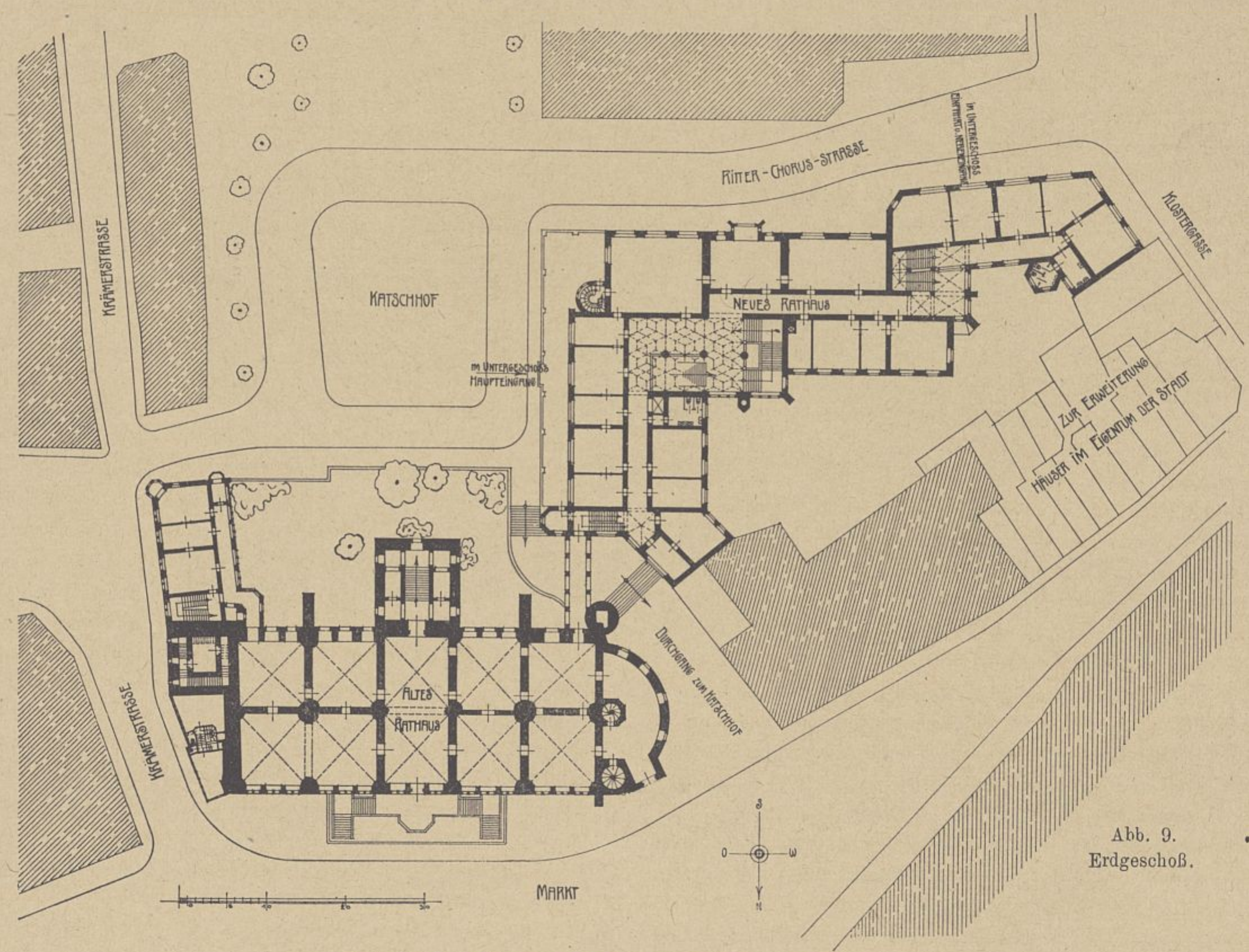


Abb. 9. Erdgeschoß.

Abb. 8 u. 9. Grundrisse des alten und des neuen Rathauses.



Abb. 10. Altes Rathaus. Eingangshalle.

gauben beleben die große Fläche und erhellen das Dachgeschoß. Die Wetterfahnen, Kronen, Knäufe, Kreuzblumen, Krabben und andere Metallteile sind vergoldet. Im First stehen drei kräftig betonte Schornsteine.

Wie vorher die Bürgerschaft mit Schrecken und Trauer die Türme einen Raub der Flammen werden sah, um so freudiger wurde jetzt von ihr das Wiedererstehen begrüßt; die ganze Stadt freute sich, das liebgewonnene Bild zweier gleich hohen Rathaustürme in erneuter Gestalt zu sehen (Text-Abb. 5).

Mit den Turmaufbauten nahm Frentzen die übrigen Arbeiten, insbesondere die an der Hinterfront und den Anbau an den Granusturm in Angriff (Text-Abb. 6 u. 7). Die frühere, schmucklose, durch willkürlich und planlos hinzugefügte Fenster verunstaltete Hinterfront bildet mit ihren kräftigen Strebepfeilern und der dazwischen gespannten, von mächtigen Spitzbögen getragenen, zierlichen Arkadengalerie, die den Vorsprung des Treppenhauses vorteilhaft mildert, nunmehr auch mit Figuren und Wappen geschmückt, eine hervorragende Zierde des Gebäudes. Ebenso glücklich ist der Anbau an den Granusturm in der Krämerstraße der gleich gut hier und am Katschhof in die Erscheinung tritt, ein geschlossenes Platzbild bewirkt und durch seine Abstufungen in der Höhe und Breite den Übergang zum Granusturm vermittelt. In ihm sind in drei Geschossen Amtsräume, im Dachgeschoß dagegen die für einen Bankettsaal nötigen Nebenräume untergebracht. Zur Verbindung des Saales wurde eine Türöffnung in der Brüstung unter den Fresken gebrochen und diese mit einer lederbezogenen und bronzebeschlagenen Tür geschlossen, die an sich kostbar, aber mit Rücksicht auf die Bilder wenig auffällig ist. Eine gleiche Tür führt in den Anrichteraum des Marktturms, den ein elektrischer Aufzug mit der Küche im Untergeschoß verbindet. Der Abschluß des Rathausgartens gegen den Katschhof durch eine im oberen Teile maßwerkartig durchbrochene Brüstungsmauer und der Umbau der Umrahmung der Statuengruppe über dem Haupteingang beendigten die Frentzen obliegenden Arbeiten.

Während die Arbeiten im Äußern fortschritten, fanden sie auch im Innern Fortgang, die, wie erwähnt, das Stadtbauamt nach eigenen Plänen ausführte. Alles, was man im Innern heute sieht, ist zum Teil erneuert, zum Teil ergänzt oder mit ehrerbietiger Rücksicht wiederhergestellt worden. Die alten, schön geschnitzten Wandbekleidungen, die durch Ölfarbenanstrich entstellt waren, und auf denen sich allmählich eine mehrere Millimeter dicke Farbschicht angesammelt hatte, wurden abgebeizt und gewachst. Dabei kam schön gemasertes, tadellos erhaltenes Eichenholz zum Vorschein. Ebenso wurden die kunstvoll von Italienern an Ort und Stelle modellierten Stuckverzierungen im „Weißen Saal“ von der häßlichen, die zarten Gliederungen verflachenden Kalktünche befreit. Nach leichter Abtönung des Stucks unter reichlicher Verwendung von Gold und dem Anstrich der Türen und Wandbekleidung mit weißer Lackfarbe, wobei die Schnitzereien ebenfalls vergoldet wurden, wirkt der Weiße Saal vornehm und freudig (Abb. 1 Bl. 20), im Gegensatz zu dem ernsten Eindruck der übrigen Räume, den der tiefe, jedoch durch schöne Maserung belebte Ton des Eichenholzes im Verein mit den von Bollenrath 1727 bis 1729 in den Blendbögen ausgeführten und stark nachgedunkelten Gemälden hervorruft. Besonders vorteilhaft ist die Wirkung der neuen, mit breiten Bleifalzen ornamentierten Verglasung, die gleich günstig durch ihre irisierende Behandlung die vielen großen Fensterflächen auch im Äußern malerisch belebt. Die Fenster selbst sind mit Wappen geschmückt. In den unteren Sälen nehmen sie Bezug auf die einstige Benutzung der Räume als Werkmeistergericht, Ratsstube und Schöffenstuhl; im Kaisersaal sind es die Wappen der in Aachen gekrönten Könige und der beim Festmahl tätigen Kurfürsten. Die Fenster der Vorhallen zieren Wappen der Bürger-Bürgermeister im Gegensatz zu denen im Treppenhaus, welche Wappen der Schöffen-Bürgermeister und der Stadt und des Stifts tragen. Für alle Räume sind stilgerechte Beleuchtungskörper, einige in reicherer Ausstattung für den Kaisersaal, Sitzungssaal und Weißen Saal beschafft worden; auch wurden gelegentlich alte Möbel erworben. Davon verdienen genannt zu werden: mehrere Couvenschränke und -uhren, und ein in Holz in höchster Vollendung reich geschnitzter, ganz vergoldeter Konsoltisch mit wertvoller Marmorplatte. Nicht unerwähnt darf bleiben die neue ornamentale Ausmalung des Kaisersaales (Abb. 1 Bl. 19) und des zugehörigen Treppenhauses als Ersatz für die Bemalung, die Maler Kleinertz aus Köln 1864 in Leimfarbe hergestellt hatte, deren Farbe verblaßt war und abblätterte. Nach dem Entwurf des Professors Schaper aus Hannover, des Schöpfers der Marmor- und Mosaikbekleidung im Münster, wurde sie unter seiner Leitung in einer ihm eigenen Malweise ausgeführt. Dazu bedurfte es allerdings eines gänzlich neuen, rauhen Verputzes, auf den mit Kaseinfarben nur lasierend gemalt wurde. Die Gewölbe im Saale haben einen warmen braunen Ton, den vergoldete Arabesken durchziehen. Durch die leuchtende, aber bescheidene

Farbe und das großzügige Ornament sowie durch die stark abgetönte Vergoldung der breiten Bildleisten ist eine so einheitliche Stimmung erzielt worden, daß die Gemälde nicht mehr wie früher aus der Umrahmung hervortreten. Ebenso wirkt das tiefrote Gewölbe über dem Treppenhause gleich glücklich zu den beiden Gemälden, die Professor Baur Ende der neunziger Jahre des vorigen Jahrhunderts angefertigt hat. Diese versinnbilden die legendenhafte Auffindung der Thermen durch den römischen Legaten Granus Serenus und einen geschichtlichen Vorgang des vor Kaiser Friedrich Barbarossa abgelegten Schwurs der Aachener Bürger, innerhalb eines Zeitraumes von vier Jahren die Stadt mit Mauern und gemauerten Befestigungswerken zu umgeben.

Neben der Herstellung der Gewölbe über den beiden Jochen im Erdgeschoß links der Eingangshalle an der Südseite und Ausstattung dieser Räume mit altem Täfelwerk aus dem Rathause und der hiesigen Kreuzkirche, dem Ausschachten und Überwölben der Kellerräume und der Herstellung der Kastellanwohnung im Untergeschoß usw. blieben von den Arbeiten des Stadtbauamts noch zu erwähnen die Instandsetzung der Vorder- und Ostfront, an denen schon viele Steine, besonders diejenigen der Kragsteine und Baldachine ausgewechselt werden mußten, und die Ausschmückung dieser Fronten mit Standbildern, Wappen und bildnerischen Darstellungen. Die beiden Fronten schmücken insgesamt: 57 Standbilder, 28 Flachbilder und 30 Wappen. Über der Eingangstür mit der Inschrift: „Per me reges regnant", thront die Majestas Domini, die Rechte segnend erhoben, umgeben in kniender Stellung von Papst Leo III., der betend emporschaut, und von Karl dem Großen, der sein Schwert opfert. Auf den Kragsteinen der oberen Nischen und der übrigen Pfeiler stehen in ununterbrochener Reihe die Standbilder der deutschen Kaiser und Könige, teils im Krönungsgewand, teils in kriegerischer Rüstung oder in friedlicher Tracht von Ludwig dem Frommen bis Leopold II. und, soweit möglich, porträtähnlich. Die Flachbilder, von Professor Krauß in Aachen entworfen und ausgeführt, haben sinnbildliche Darstellungen erhalten: die 7 freie Künste, die 14 Zünfte, die in reichsstädtischer Zeit Anteil an der Verwaltung hatten, und die Fakultäten der Universitäten und der technischen Hochschulen. Auf den Wappenschilden sind dargestellt die Wappen der sieben Kurfürsten, von sechs Landesherren, unter deren besonderen Schutz die Stadt im 14. Jahrhundert trat, von zwei kirchlichen Würdenträgern und von drei mit der Stadt eng verbündeten Reichsstädten. Dadurch wurde zum Ausdruck gebracht, daß das Rathaus einem doppelten Zweck gedient hat: der reichsstädtischen Verwaltung und zu den Krönungsfestlichkeiten. Die Vorschläge sowohl für die sinnbildlichen Darstellungen als auch für die Wappen an der Fassade wie im Innern an den Wänden und in den Fenstern rühren von Archivdirektor Pick her, der dabei unter genauer Zeitangabe der einzelnen Krönungen den Beweis erbrachte, daß hier nur 30 Könige gekrönt worden sind. Die Zeichnungen zu den Glasfenstern mit ihrem ausgezeichneten Wappenschmuck stammen von der Hand Professor Schapers.

Mit Rücksicht darauf, daß das alte Rathaus neben seinen Festräumen nur eine ganz beschränkte Zahl Amtszimmer enthält, und sich immer lästiger die Trennung der Hauptverwaltung von den zerstreut liegenden übrigen Amtsräumen bemerkbar machte, wurde mit ihm durch eine Brücke verbunden am Katschhof nach den Plänen des Professors Friedrich Pützer in Darmstadt, des Siegers beim Wettbewerb, vom Stadtbaumt unter Mitwirkung Pützers das neue Rathaus errichtet, in dem 1903, mit Ausnahme einiger Amtsräume, die im alten Rathause und in dem Anbau an der Krämerstraße verblieben, die ganze Verwaltung vereinigt werden konnte. Es ist ein staatlicher Bau von künstlerischer Eigenart, der sich geschickt dem alten Gebäude anschließt, und erst in der Ritter-Chorusstraße seine größte Höhenentwicklung erfährt. Am Katschhof verfolgt der Bau die karolingische Fluchtlinie. Zur Erinnerung an den Gang, der an dieser Stelle die Pfalz mit dem Münster verband, ist ein Laubengang angeordnet. Recht glücklich war der Pützersche Gedanke, den Gang mit einem Altan abzuschließen und die aufgehende Front um die Gangbreite zurückzuschieben, damit der Blick auf das alte Rathaus nach Möglichkeit freibliebe (vgl. Zentralblatt d. Bauverw., Jahrg. 1898, S. 571). Das alte Rathaus in Verbindung mit dem neuen einerseits und das Münster mit dem dort noch erhaltenen Teile des karolingischen Ganges und den darüber von Philipp von Schwaben errichteten Aufbauten anderseits bieten am Katschhof ein Stadtbild von überraschender Schönheit und solch geschichtlicher Bedeutung, daß ihm sicher wenige seinesgleichen an die Seite gestellt werden können (Text-Abb. 6).

Während der vorstehend beschriebenen 61jährigen Bauzeit leiteten nachstehende Bürger- bzw. Oberbürgermeister die städtische Verwaltung: Edmund Edmunds bis 1848, Arnold Pelzer von 1848 bis 1851, Johannes Contzen von 1851 bis 1874, Ludwig von Weise von 1875 bis 1883, Ludwig Pelzer von 1884 bis 1896, Philipp Veltmann seit 1896.

In der gleichen Zeit bekleideten das Amt des Stadtbaumeisters: Friedrich Ark von 1839 bis 1877, Joseph Stübben von 1876 bis 1881, Karl Heuser von 1881 bis 1884, in welchem Jahre der Hochbau vom Tiefbau getrennt wurde, Johannes Richter von 1884 bis 1886, Joseph Laurent seit 1886.

Seit 1876 haben die Arbeiten und die Freilegung des Rathauses sowie die Anbauten an Kosten erfordert:

1. für die Erwerbung von Grundstücken einschl. des Neubaues der Löwenapotheke	374 000	Mark,
2. für die Arbeiten, die Geheimer Baurat Professor Frentzen entworfen und ausführte	831 500	„
3. für die Arbeiten, die das Stadtbauamt entworfen und ausgeführt hat . . .	619 000	„
4. für das neue Rathaus mit Ausstattung	857 000	„
zusammen	2 681 500	Mark.

Von dieser Summe wurden 600 000 Mark aus der durch Königlichen Erlaß 1898 genehmigten Lotterie gedeckt.

18 Jahre nach dem Brand und 61 Jahre nach Beginn der Arbeiten im Kaisersaal war endlich das Werk vollendet. Mit einem großen Fest wurde die Fertigstellung begangen. Es galt nicht nur dem Rathause, dem Sitz der städtischen Verwaltung, es galt einem weltgeschichtlich berühmten Baudenkmal. Und so hat der deutsche Kaiser Wilhelm II. am 19. Juli 1902 dem Hause seine Weihe in der denkwürdigen Rede gegeben, in er der das ganze Reich, das ganze Volk, sein Heer und sein Haus unter den Schutz des Allerhöchsten stellte.

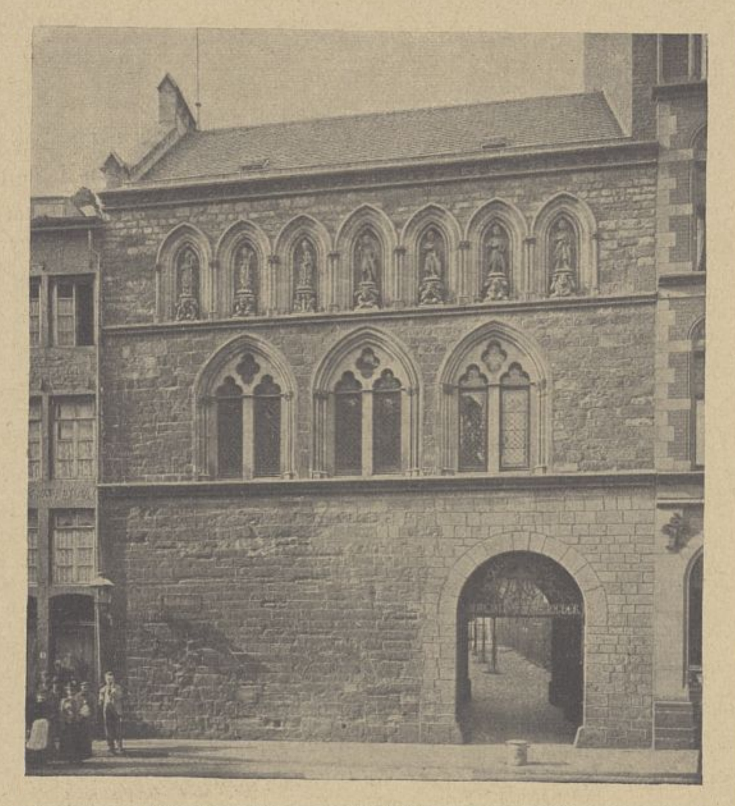


Abb. 11. Grashaus (Archiv) am Fischmarkt.

Seitdem wird der Saal bei außergewöhnlichen Gelegenheiten als Festsaal und seiner ersten Bestimmung gemäß als Bankettsaal benutzt.

Das älteste Rathaus der Stadt am Fischmarkt, auch Bürgerhaus und Grashaus genannt, war bei der Übernahme aus reichsstädtischer Zeit schon verfallen. Es ist ein höchst merkwürdiger Bau, der neben dem Münster und dem alten Rathause die größte Beachtung verdient. Trotzdem schon in der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts auf seinen geschichtlichen und baukünstlichen Wert von mehreren Seiten, besonders von Professor P. C. Bock aufmerksam gemacht worden war, dauerte es dennoch bis zum Jahre 1886, ehe die Stadt sich bereit fand, die ehrwürdige Front wiederherzustellen und als Abschluß eines Neubaues zur Unterbringung der reichen, wertvollen Bestände des Stadtarchives und der Stadtbibliothek zu verwerten (Text-Abb. 12).

Als man an die Wiederherstellung herantrat, bestanden nur noch die Front-, sowie die Giebelmauern und dazwischen später errichtete Kerkerzellen, die bis zum Obergeschoß die Front stützten. Darüber stand sie frei, ohne Dach geschützt, und war bereits derart baufällig, daß sie vor der Instandsetzung an eine dahinter errichtete Mauer verankert werden mußte. Zum Glück fanden sich an ihr noch genügend Teile vor, um mit einiger Sicherheit bis auf das Hauptgesims, das gänzlich fehlte, alle übrigen Architekturteile zu ergänzen. Dabei konnte nicht einer der Werksteine belassen werden, da sie aus dem weichen Mergelstein, dem sog. Maastrichter Sandstein, hergestellt waren und schon beim Berühren mit der Hand zerfielen. Alle wurden in wetterhartem Muschelkalk erneuert, die alten Steine aber, soweit sie sich noch übertragen ließen, zum Museum geschafft, wo sie jederzeit von der getreuen Wiederherstellung Zeugnis geben.

Die Front erhebt sich auf hohem, von drei, jetzt vermauerten Bogenöffnungen durchbrochenem, sonst glattem Sockel und wird im Obergeschoß ebenfalls von drei Fenstern, die mit Plattenmaßwerk zweigeteilt sind, belebt (Tert-Abb. 11). Reich profilierte Spitzbögen, deren Rundstäbe in schlanke Säulchen übergehen, umrahmen die Fenster. Darüber erstreckt sich ein fortlaufender Figurenfries, in dessen ebenfalls stark profilierten, mit Säulenbündeln verbundenen Nischen die sieben Kurfürsten stehen. Die eigenartigen, kaum fünf ihrer Kopflänge großen Standbilder ruhen auf verhältnismäßig hohen, mit wunderlich verschlungenen Tier- und Menschengestalten gezierten Untersätzen. Die ernste und mächtige Wirkung der Front, die hauptsächlich dem einfachen, glatten Sockel und der geringen Durchbrechung zuzuschreiben ist, muß einst noch viel großartiger gewesen sein, als sie in voller Höhe in die Erscheinung trat und unten die drei schmalen Bogen geöffnet waren. Sie steckt heute um mehr als einen Meter tief in der Erde. Infolgedessen dient allein das nachträglich gebrochene Tor zum Durchgang. Daß das Tor eine spätere Zutat ist, und die Bögen den Durchgang, bzw. den Zugang vermittelten, beweist die früher noch sichtbare Leibung des

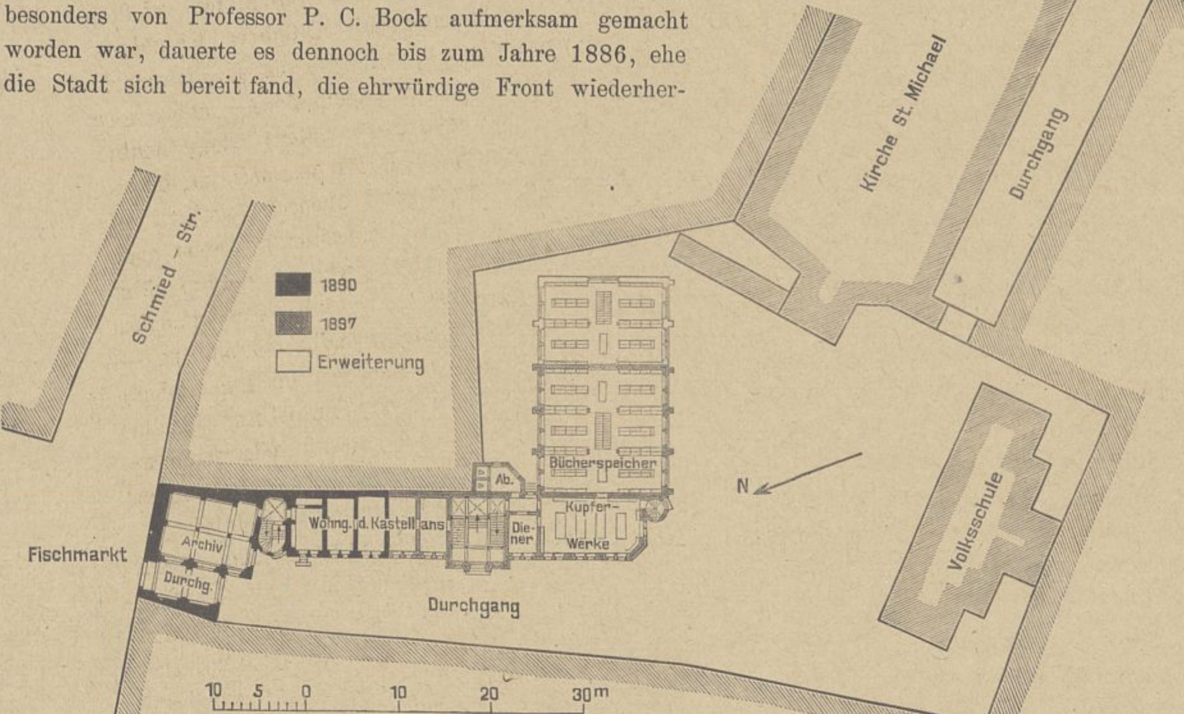


Abb. 12. Archivneubau am Fischmarkt.

dritten Bogens, der durch das Tor abgeschnitten wurde, und eine unter dem Bürgersteig aufgefundene und ausgetretene Trittschwelle in dem Bogen.

Über die Gestaltung des ersten Grundrisses haben die Nachgrabungen keine völlige Klarheit gebracht. Nur fanden sich Anzeichen, daß im Obergeschoß ein Saal bestand von fast gleicher Größe und Form des jetzigen großen Urkundensaals, wohl die Ratskammer. Weiter in die Tiefe erstreckte sich das Gebäude nicht, da die Grundmauern wenige Meter hinter der zum Urkundensaal führenden Wendeltreppe einer späteren Zeit angehörten. Die Wendeltreppe selbst ruht auf einem Mauerklotz, der seiner Form nach wohl zum Tragen einer solchen Treppe gedient haben könnte. Weitere Anzeichen dafür an den Giebelmauern waren zwar nicht vorhanden, wie denn überhaupt durch die vielen Eingriffe und Änderungen sich kein klares Bild mehr über die Einteilung des Erdgeschoßgrundrisses gewinnen ließ. Nur ein beachtenswerter und viel umstrittener Fund wurde an der östlichen Giebelmauer im Obergeschoß gemacht. Dort befand sich eine vermauerte Tür nach dem Nebenhause Schmiedstraße 9 hin. Diese Tür, die auffallend geringe Breite des Hauses und die in ihm damals sichtbaren Kragsteine, die denen im Grashause glichen, geben der Vermutung Raum, als ob an Stelle des Hauses ein zum Grashaus gehörender Gebäudeteil gestanden hätte. Mangels genauerer Untersuchung, die sich jedoch nicht bewerkstelligen ließ, beruht die Vermutung einstweilen auf den angegebenen Tatsachen. Bei der äußeren Gestaltung des Neubaues wurden die Teile, soweit die Außenmauern auf nachweisbaren ursprünglichen Grundmauern stehen, in Bruchsteinen und der Front entlehnten Formen hergestellt. Der Neubau ist in zwei Zeitabschnitten ausgeführt und dem Archiv 1890 und der Bücherei 1897 zur Benutzung überwiesen worden. Die nach Fertigstellung der Archive unter dem Torweg eingemeißelte Inschrift übermittelt der Nachwelt die Zeit der Wiederherstellung, gleichwie wir der unter dem Gurtgesims vorhandenen, nunmehr ergänzten Inschrift die Kenntnis der Entstehung des Gebäudes verdanken. Beide heißen: Urbs Aquensis, urbs regalis, regni sedes principalis, prima regum curia. Hanc domum fecit magister Henricus anno Domini MCCLX septimo regnante rege Ricardo.

Einst das Bürgerhaus diene ich jetzt, bis auf die Frontmauer völlig erneuert, den Zeugnissen der städtischen Vergangenheit als Aufbewahrungsort. 1890.

Benutzte Quellen.

1. Die städtischen Akten.
2. Aus Aachens Vergangenheit, von Richard Pick.
3. Künstler-Monographien, Rethel, von Max Schmid.
4. Rathaus zu Aachen, von Pick und Laurent.
5. Zeitschrift des Aachener Geschichtsvereins, Band 19.
6. Rheinlands Baudenkmale des Mittelalters, von Dr. Fr. Bock.

Über Versuche mit Steinerhaltungsmitteln.

VI. Mitteilung.[1])

Von Professor Dr. F. Rathgen, Chemiker bei den Staatlichen Museen.

Die Probesteine der ersten Versuchsreihe haben dieses Mal nicht wie sonst zwei, sondern vier Jahre ausgelegen, weil während des Krieges nur so geringe Hilfskräfte zur Verfügung standen, daß ich nicht an eine Aufnahme und Bearbeitung der Steine nach zweijähriger Auslage denken konnte. Der Raumersparnis wegen sehe ich nicht nur von der Wiedergabe der langen Tabellen über Aussehen, Gewichtszunahme durch die Tränkung und Gewichtsabnahme durch die Verwitterung bei jedem Stein ab, sondern gebe nur die Zahlentafeln wieder, lasse also die zeichnerischen Tabellen fort. Das kann um so mehr geschehen, da sich im allgemeinen das Bild nicht sehr geändert hat. Wo Ausnahmen vorliegen, mache ich im Text darauf aufmerksam.

Für die Zahlentafeln sei das Folgende vorausgeschickt:

V = unbehandelt T = Testalin
M = Magnesiumfluat Z = Zapon
D = Doppelfluat B = Bienenwachs
K = Karnaubawachs

Reihe 5: Gewicht des aufgenommenen Tränkungsmittels in Gramm, berechnet auf die Fläche von einem Quadratmeter Steinoberfläche und zwar als Mittelwert von je vier Steinen einer Tränkungsgruppe.

8^2: Die durch Verwitterung erfolgte Gewichtsabnahme in den ersten zwei Jahren.
8^4 - 8^2: Gewichtsverlust im dritten und vierten Auslegejahr.
8^4: Gewichtsverlust nach vier Jahren und entsprechend weiter bis
8^{10}: Gewichtsverlust nach zehnjähriger Auslage.
} Ebenso wie Reihe 5 berechnet.

Infolge der letzten vierjährigen Auslage mußten die kursiv gedruckten Zahlen errechnet werden, indem die vierjährige Gewichtsveränderung durch 2 geteilt wurde, dabei entstehende Bruchteile wurden als ganze Zahl der ersten Hälfte der Verwitterungsdauer von vier Jahren zugerechnet.[2])
Notwendig wurde die sicher etwas willkürliche Teilung, um überhaupt zu einem Vergleich, besonders bei den erst im ganzen acht Jahre ausgelegenen drei Marmorarten zu gelangen.

Sandsteine.

Über das Aussehen ist zu bemerken, daß alle mit Fluat getränkten Stücke dunkler und die mit Szerelmey behandelten meistens heller als die unbehandelten Steine sind; bei dem Plagwitzer und dem Grauen Cottaer sind auch die testalinierten und zaponierten Stücke heller als die ungetränkten.

Im allgemeinen ist die Verwitterung in den letzten vier Jahren geringer als in den vorhergehenden zwei Jahren. Wie schon in den früheren Mitteilungen erwähnt, beruhen die zuerst hohen Verwitterungszahlen sicher auf der Abnahme des Steinerhaltungsmittels; es ist naturgemäß, daß das Tränkungsmittel um so langsamer verschwindet, je mehr seinerzeit aufgenommen war, da die am tiefsten eingedrungenen

1) Diese Veröffentlichung schließt sich der IV. Mitteilung von 1916, Heft 7 bis 9, Seite 349 bis 358 an.

2) Es ist wohl wahrscheinlich, daß im allgemeinen die Verwitterung in den ersten zwei Jahren etwas höher, also in den letzten beiden Jahren etwas geringer ausgefallen ist.

Massen eben erst nach längerer Zeit durch die Witterung beeinflußt werden. Die Verwitterungszahlen sind in 20 Tränkungsgruppen höher, in 15 Gruppen noch niedriger als die Tränkungszahlen, in den letzten Fällen ist also anzunehmen, daß noch Tränkungsstoff vorhanden ist. Wenn man heute von einem wirksamen Schutz der Steinerhaltungsmittel nur in den Fällen sprechen kann, wo die getränkten Stücke eine geringere Gewichtsabnahme zeigen als die unbehandelten, so beobachtet man dies jetzt nur bei dem mit Magnesiumfluat behandelten Roten Maintaler und Gelben Cottaer sowie bei dem mit Testalin getränkten Gelben Cottaer. Die in dieser Richtung nach vier-, sechs-, zehnjähriger Auslage eingetretenen Verschiebungen werden durch die folgende Tabelle übersichtlicher:

	Roter Maintaler			Gelber Cottaer		
	8^4	8^6	8^8	8^4	8^6	8^8
V	13	13	19	27	36	38
M	12	—	18	16	25	25
T	—	—	—	—	34	34
Z	7	12	—	26	—	—

Ein wesentlicher Schutz besteht also eigentlich nur bei dem fluatierten Gelben Cottaer.

Kalksteine.

Die Kalksteine haben ausnahmslos ein normales Aussehen. Da ihre Tränkungszahlen durchgehends viel geringer sind als die der Sandsteine, sind die Verwitterungszahlen schon nach der ersten zweijährigen Auslage bedeutend höher als die Tränkungszahlen. Trotzdem man daher annehmen kann, daß das Steinerhaltungsmittel gänzlich verschwunden sein muß, zeigt sich doch deutlich der Einfluß des Schutzmittels. Die mit der Zahl der Auslegejahre geringer werdende Verwitterung ist bei Kalkstein wegen der Höhe der Zahlen noch deutlicher als bei Sandstein, sie beträgt in den letzten vier Jahren noch nirgends das Anderthalbfache der vorhergehenden zweijährigen Auslage.

Wie früher, so tritt auch jetzt noch immer die Schutzwirkung des Szerelmey sehr deutlich, die des Testalin weniger auffällig hervor. Auch die zaponierten Kirchheimer haben noch eine etwas geringere Verwitterungszahl als die unbehandelten Steine. Vergleicht man einmal die Verwitterungszahlen der letzten vier Jahre, also die Zahlenreihen $8^6 - 8^4 + 8^{10} - 8^6$ der verschiedenen Tränkungsgruppen einer Steinart miteinander, so sind diese Zahlen, besonders bei dem Hardheimer, fast gleich, die Verwitterung schreitet jetzt also bei allen Gruppen gleichmäßig fort, und die niedrige Zahl in Reihe 8^{10} bei dem mit Szerelmey behandelten Steinen hat ihre Ursache in der Schutzwirkung des Tränkungsmittels in den ersten Jahren.

Marmor.

Im Aussehen unterscheiden sich die getränkten Steine nicht von den unbehandelten. Auch hier zeigt sich, daß das Verhalten der Tränkungsgruppen in den ersten beiden Auslegejahren die Höhe der Verwitterungszahlen dauernd beeinflußt. Die glatte Oberfläche des kristallinischen Marmors widersteht der Verwitterung besser als die porige der Muschelkalke; so war denn auch die Verwitterungszahl des unbehandelten Carraramarmors nach zweijähriger Auslage ungefähr

	5	8^2	8^4-8^2	8^4	8^6-8^4	8^6	8^8-8^6	8^8	$8^{10}-8^8$	8^{10}
					Warthauer					
		+7*)	+7	+14	+1	+15	+4	+19	+3	+22
M	249	184	12	196	12	208	4	212	3	215
D	239	217	4	221	3	224	+2	222	+1	221
T	53	38	+1	37	1	38	+3	35	+2	33
Z	40	+7	0	+7	1	+6	+3	+9	+2	+11
S	167	59	24	83	21	104	5	109	5	114
					Rackwitzer					
		+3	+6	+9	0	+9	+1	+10	+1	+11
M	174	129	10	139	5	144	0	144	0	144
D	131	122	+6	116	+2	114	+1	113	+1	112
T	54	42	0	42	1	43	+2	41	+1	40
Z	41	6	2	8	2	10	+1	9	0	9
S	148	51	19	70	16	86	7	93	7	100
					Plagwitzer					
		4	7	11	0	11	+1	10	+1	9
M	115	90	16	106	8	114	2	116	1	117
D	105	102	10	112	2	114	+1	113	—	113
T	24	21	11	32	0	32	+2	30	+1	29
Z	31	8	8	16	0	16	+2	14	+1	13
S	167	67	40	107	15	122	5	127	4	131
					Roter Maintaler					
		8	5	13	0	13	3	16	3	19
M	23	11	1	12	1	13	3	16	2	18
D	34	27	5	32	1	33	4	37	4	41
T	7	9	6	15	1	16	2	18	1	19
Z	18	2	5	7	5	12	4	16	3	19
S	124	78	22	100	11	111	5	116	5	121
					Cudowaer					
		10	2	12	0	12	+1	11	0	11
M	34	12	7	19	4	23	1	24	0	24
D	45	45	6	51	2	53	+1	52	0	52
T	9	13	4	17	1	18	+1	17	0	17
Z	21	10	5	15	3	18	0	18	0	18
S	77	53	19	72	4	76	1	77	1	78
					Gelber Cottaer					
		14	13	27	9	36	1	37	1	38
M	38	5	11	16	9	25	0	25	0	25
D	80	72	9	81	6	87	2	89	2	91
T	11	19	9	28	6	34	0	34	0	34
Z	24	14	12	26	11	37	3	40	2	42
S	142	79	22	101	15	116	6	122	5	127
					Grauer Cottaer					
		15	6	21	7	28	+1	27	0	27
M	48	16	8	24	7	31	1	32	0	32
D	99	83	9	92	8	100	2	102	1	103
T	12	21	4	25	11	36	+1	35	0	35
Z	22	13	9	22	15	37	1	38	1	39
S	144	79	25	104	16	120	4	124	3	127

*) Das + Zeichen bedeutet hier, daß der Stein, wohl infolge der Umwandlung des kohlensauren Kalks in schwefelsauren Kalk, eine Zunahme erfahren hat.

nur halb so groß, als die der drei Kalksteine, und auch nach zehnjähriger Auslage ist die des Marmors immer noch am kleinsten. Ähnlich verhält es sich mit dem Schutz der Bienenwachstränkung, aber die Verwitterung des unbehandelten Marmors war in den letzten vier Jahren etwas geringer als die des gewachsten, woraus natürlich nicht zu schließen ist, die Wachsbehandlung sei schädlich. Der Schluß kann nur dahin gehen, daß sie eben häufiger wiederholt werden

	5	8^2	8^4-8^2	8^4	8^6-8^4	8^6	8^8-8^6	8^8	8^{10}-8^8	8^{10}
				Hardheimer						
		149	192	341	230	571	*141*	*712*	*140*	852
M	5	154	208	362	229	591	*148*	*734*	*147*	886
D	13	151	201	352	221	573	*147*	*720*	*146*	866
T	5	134	191	325	227	552	*143*	*695*	*142*	837
Z	11	146	216	362	232	594	*145*	*739*	*145*	884
S	52	98	149	247	200	447	*140*	*587*	*140*	727
				Kirchheimer						
		159	179	338	191	529	*130*	*659*	*130*	789
M	6	157	184	341	196	537	*132*	*669*	*131*	800
D	13	162	184	346	202	548	*125*	*673*	*124*	797
T	5	147	179	326	191	517	*130*	*647*	*130*	777
Z	11	148	166	314	207	521	*128*	*649*	*127*	776
S	23	108	139	247	182	429	*127*	*556*	*127*	683
				Krenzheimer						
		189	226	415	245	660	*151*	*811*	*151*	962
M	11	181	252	433	242	675	*142*	*817*	*141*	958
D	17	196	239	435	260	695	*150*	*845*	*149*	994
T	12	171	222	393	239	632	*152*	*784*	*152*	936
Z	17	187	241	428	270	698	*167*	*865*	*166*	1031
S	61	141	179	320	218	538	*149*	*687*	*149*	836

	5	8^2	8^4-8^2	8^4	8^6-8^4	8^6	8^8-8^6	8^8	8^{10}-8^8	8^{10}
				Carrara						
		80	134	214	204	418	*144*	*562*	*143*	705
M	2	100	212	312	249	561	*183*	*744*	*183*	927
D	1	104	193	297	214	511	*168*	*679*	*167*	846
T	2	78	133	211	199	410	*175*	*585*	*174*	759
Z	14	79	153	232	232	464	*193*	*657*	*193*	850
B	7	45	91	136	182	318	*161*	*479*	*160*	639
K	1	82	151	233	225	458	*183*	*641*	*182*	823
S	11	84	172	256	*161*	*417*	*160*	577		
				Laaser						
		82	103	185	*86*	*271*	*86*	357		
M	3	94	112	206	*92*	*298*	*91*	389		
D	2	89	116	205	*89*	*294*	*89*	383		
T	1	79	103	182	*88*	*270*	*87*	357		
Z	2	85	109	194	*89*	*283*	*88*	371		
S	9	77	101	178	*85*	*263*	*84*	347		
B	9	63	95	158	*85*	*243*	*85*	328		
K	2	83	103	186	*92*	*278*	*91*	369		
				Prieborner						
		92	176	268	*172*	*440*	*172*	612		
M	3	134	245	379	*223*	*602*	*222*	824		
D	2	141	231	372	*188*	*560*	*187*	747		
T	1	106	246	352	*221*	*573*	*220*	793		
Z	2	103	224	327	*199*	*526*	*199*	725		
S	9	81	195	276	*204*	*480*	*203*	683		
B	9	69	185	254	*196*	*450*	*196*	646		
K	2	97	222	319	*205*	*524*	*205*	729		
				Pentelischer						
		79	145	224	*129*	*353*	*128*	481		
M	3	101	179	280	*153*	*433*	*152*	585		
D	2	92	160	252	*136*	*388*	*136*	524		
T	1	79	144	223	*138*	*361*	*138*	499		
Z	3	85	149	234	*138*	*372*	*138*	510		
S	9	75	145	220	*138*	*358*	*137*	495		
B	9	61	125	186	*130*	*316*	*130*	446		
K	1	83	147	230	*121*	*351*	*120*	471		

muß, was ich auch schon früher betont habe. Die Fluatierung, besonders die Behandlung mit Magnesiumfluat, hat wieder schlecht abgeschnitten; auch aus dem Verhalten der zaponierten Stücke könnte man schließen, daß das Zapon ungünstig für die Marmorbehandlung sei, es scheint mir aber wahrscheinlicher, daß die Verwitterungszahlen bei dem Marmor doch vielleicht durch ursprünglich ungleiche Beschaffenheit der Stücke veranlaßt sind; darüber wird wohl das weitere Verhalten der Stücke Klarheit schaffen. Es ist daraus zu ersehen, wie notwendig die vorgenommene Erweiterung der Versuche war, über die ja schon zwei Mitteilungen[3]) veröffentlicht sind.

Die drei anderen Marmorarten, Laaser, Prieborner und Pentelischer, sind nicht gleichzeitig mit dem Carraramarmor ausgelegt worden, sie liegen jetzt im ganzen erst acht Jahre aus, bei ihnen sind also in den Tabellen die Zahlen der Reihe 8^8 durch Beobachtung gewonnen und zu vergleichen mit den nur errechneten Zahlen der Reihe 8^8 bei dem Carraramarmor. Die Wachsbehandlung hat bei dem Carraramarmor den größten, bei dem Laaser und Pentelischen nur noch geringen Schutz ausgeübt, und bei dem Prieborner ist er gar nicht mehr vorhanden. Wie die Zahlen der Reihe 8^8 erweisen, ist der Laaser in allen Gruppen viel widerstandsfähiger als die anderen Marmorarten; im Gegensatze dazu verwittert der Prieborner viel stärker als alle anderen. Bei dem Laaser sind die Zahlen der einzelnen Verwitterungsgruppen untereinander nur wenig verschieden, immerhin tritt die Benachteiligung durch die Fluatierung hervor, aber weniger als bei dem Pentelischen und viel weniger als bei dem Carrara und dem Prieborner.

Eigentümlich ist es, daß Szerelmey[4]) bei Marmor bei weitem nicht so günstig wirkt, wie bei Kalkstein. Erst längere Beobachtungsdauer wird erweisen müssen, in welchem Maße diese und die anderen Zahlenunterschiede zu bewerten sind. Ich möchte aber zum Schluß noch die schon früher[5]) angeführte kleine Vergleichstabelle hier erweitert mitteilen; sie zeigt sofort, wie der Wachsüberzug bei den einzelnen Arten verschieden gewirkt hat.

	8^2	8^4	8^6	8^8	8^2	8^4	8^6	8^8
	Carrara				Laaser			
Ungetränkt . . .	80	214	418	*562*	82	185	*271*	357
Gewachst	45	136	318	*479*	63	158	*243*	328
Unterschied	35	78	100	*83*	19	27	*28*	29
	Prieborner				Penteli			
Ungetränkt . . .	92	268	*440*	612	79	224	*353*	481
Gewachst	69	254	*450*	646	61	186	*316*	446
Unterschied	23	14	*−10*	−34	18	38	*37*	35

3) Jahrg. 1915, Heft 4 bis 6, S. 221 bis 252 und Jahrg. 1919, Heft 7 bis 9, S. 443 bis 460.

4) Dieses Tränkungsmittel war zuerst nicht bei dem Carraramarmor angewendet, es sind aber gleichzeitig mit den anderen drei Marmorarten auch vier mit Szerelmey getränkte Carraramarmorstücke der Verwitterung ausgesetzt gewesen.

5) Jahrg. 1916, S. 357 d. Zeitschr.

Die Kanalanlagen bei Hannover.

Vom Oberbaurat Progasky † in Hannover.*)

(Mit Abbildungen auf Blatt 21 und 22 im Atlas.)

Der in den Jahren 1909 bis 1916 erbaute Ems-Weser-Kanal bis Hannover bietet besonderes Interesse an den Kreuzungsstellen mit den Tälern des Haseflusses, der Weser und der Leine. An der Hase, in der Nähe der Stadt Bramsche, zweigt der Stichkanal nach Osnabrück, an der Weser bei Minden der Abstieg nach Bremen ab. Während an beiden Stellen der Hauptkanal in westöstlicher Richtung geradlinig durchgeführt ist, zeigen die Anlagen im Leinetal ein mehrfach verästeltes Bild (Abb. 1 Bl. 21). Die vom Westen herkommende Linie gabelt sich etwa 12 km vor Hannover bei Station km 149 in zwei Arme, in den nördlichen in weitem Bogen um Hannover herumgeleiteten, 23 km langen Hauptkanal und in den südlichen nach Linden und zur Leine führenden Zweigkanal.

Der Hauptkanal kreuzt unmittelbar hinter der Gabelung die viergleisige Köln-Mindener Bahn, die zu dem Zwecke mit Steigungen von 1:300 angehoben und auf zwei Brücken übergeführt worden ist. Dicht hinter der Landstraßenbrücke bei dem Dorfe Lohnde (Text-Abb. 3) tritt der Hauptkanal in das Leinetal ein, um dieses auf hoher Dammschüttung zu überqueren. Die Dammstrecke ist beiderseits durch Sicherheitstore abschließbar (Text-Abb. 1). Die Flußmulde wird mittels zweier Brücken, der Hauptbrücke über den Flußlauf selbst und einer zweiten Brücke über eine nur bei Hochwasser durchströmte Flutmulde überschritten. Über diese Bauwerke ist eine besondere Abhandlung in der Zeitschrift für Bauwesen Jahrg. 1917, S. 341 und Bl. 21 bis 23 veröffentlicht worden. Hier sei nur kurz erwähnt, daß die Brücken aus Eisen auf Betonwiderlagern hergestellt sind. Die Brückentröge sind zweischiffig (24 m breit) und bei gewöhnlichem Wasserstande NN + 49,8 m 2,5 m tief. Um die Kanalstrecke, insbesondere auch die zwischen den Sicherheitstoren liegende Dammstrecke entleeren zu können, ist bei km 150,8 in den Norddamm ein Auslaßbauwerk mit drei Schiebern von 1 m Durchmesser eingebaut, wodurch sekundlich bis zu 25 cbm Wasser zur Leine abgelassen werden können (Abb. 4 bis 7 Bl. 21).

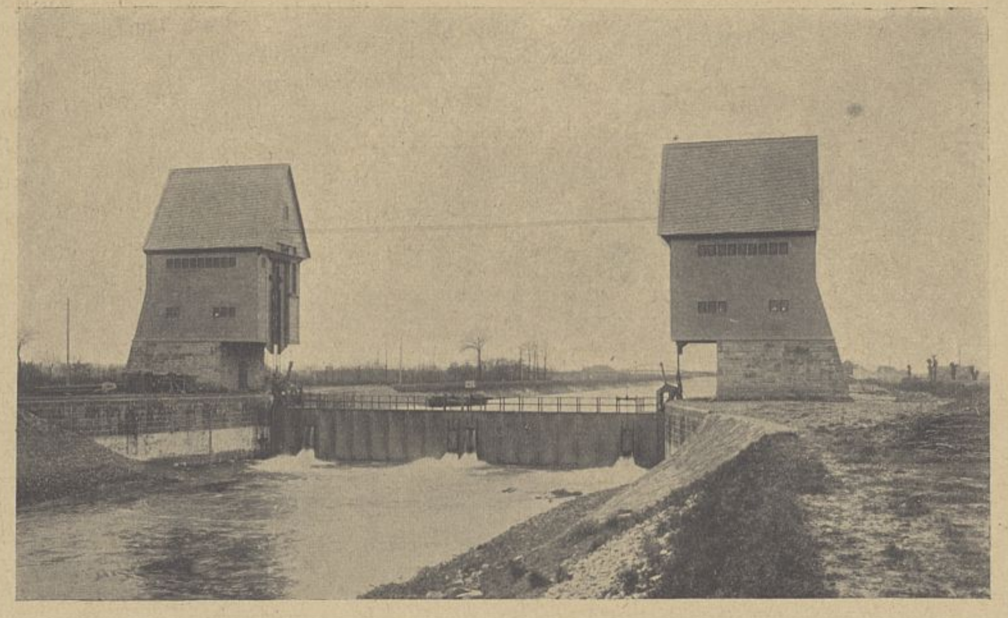


Abb. 1. Sicherheitstor bei dem Dorfe Lohnde.

Jenseit des Leinetals geht das Kanalbett bald wieder in den Einschnitt über, der sich nach Osten hin mehr und mehr vertieft. Zunächst etwas ausbiegend ist die Linie nördlich des Dorfes Stöcken und südlich von Vinnhorst geführt; hier unterschneidet sie rechtwinklig die ebenfalls hochgelegte Bahn Hannover — Soltau, biegt dann nach Süden zum Südrand des großen Vahrenwalder Exerzierplatzes aus, um sich an der Stader Chaussee und bei List dem dort stark in der Entwicklung begriffenen Stadtgebiete von Hannover bis auf 1 km und weniger zu nähern. Von der Lister Mühle geht die Linie ostwärts bis Klein-Buchholz und biegt dann mit dem kleinsten Krümmungshalbmesser von 800 m nach Südosten aus und auf Misburg zu, wo sie bei km 172 in dem Gelände zwischen dem Dorfe und den fünf Zementfabriken daselbst den Endhafen erreicht.

Der Südarm des Kanals, der Zweigkanal nach Linden, zieht sich zunächst ostwärts neben der Köln-Mindener Bahn und dem Verschiebebahnhof Seelze her bis zum Dorfe Letter und wendet sich dann zum Leinetal. Die Dammstrecke hier ist weniger lang und hoch und bei ihrer Richtung im Zuge des Hochwasserabflusses weniger dessen Angriff ausgesetzt. Aus dem Leinetal nach Südosten abbiegend, wendet sich der Kanal dem von Linden eingemeindeten Dorfe Limmer zu, um hier mittels einer Schleuse zur Hafenhaltung Linden aufzusteigen, deren Wasserspiegel 8 m höher liegt (Abb. 8 Bl. 21). Die bis zum Hafenende 1,6 km lange Hafenhaltung wird durch ein an die Schleuse angebautes Pumpwerk aus dem Schleusenunterwasser gespeist. Behufs Ersparnis an Pumpkosten ist beiderseits neben der Schleuse je ein offenes Sparbecken mit Zylinderventilverschluß angelegt. Ebenso sind für die Oberwasserschützen Zylinderventile angeordnet; die Umläufe am Unterhaupt dagegen sind mit Rollkeilschützen ausgerüstet. Das Oberhaupt wird mittels Klapptor mit Frankescher Bewegungsvorrichtung (vgl. Zentralbl. d. Bauverw. Jahrg. 1916, S. 262), das Unterhaupt mittels Siel- oder Drehtor mit oberem und unterem Anschlag, also ohne Stemmwirkung verschlossen, das mit Handwinden bedient wird.

Auf der ganzen Strecke, wo der Zweigkanal neben der Köln-Mindener Bahn herläuft, ist der zwischen beiden belegene Geländestreifen vom Staate aus den durch das Gesetz für den erweiterten Grunderwerb vom 17. Juli 1907

*) Der Aufsatz stammt aus dem Jahre 1916, konnte aber aus militärischen Gründen nicht früher veröffentlicht werden.

bereitgestellten Mitteln angekauft. Auf dem Nordufer ist der Kanal für Ladestellen mehrfach verbreitert. Längs des Südufers führt eine vom Kreise Linden angelegte Landstraße.

Im Leinetal nordwestlich der Gummiwerke Excelsior biegt etwa bei km 8,5 aus dem Zweigkanal ein weiterer Arm zur Leine ab, der eine neue Hafenanlage der Stadt Hannover und eine Reihe von Fabriken der Städte Hannover und Linden an den Mittellandkanal anschließt. Die Verbindung zur Leine wird durch eine Schleuse von 1,6 m Gefälle und normalen Abmessungen vermittelt, deren 1 km langer Unterkanal im Oberwasser des Herrenhäuser Wehres — der sogenannten Wasserkunst — mündet. Die Schleuse hat geböschte Kammerwände ohne Umläufe in den Häuptern und ohne Sparbecken (Abb. 2 Bl. 21). Sie wird durch Jalousieschützen in den eisernen Stemmtoren gefüllt und entleert. Tore und Schützen werden mit von Hand bedienten Winden bewegt. Das Schleusengefälle unterliegt Schwankungen innerhalb bestimmter Grenzen, da der Stauspiegel der Leine zeitweise zu Spülzwecken abgelassen wird. Das Leinehochwasser steigt bis in die Höhe des Kanalwasserspiegels; in äußerst seltenen Fällen erhebt es sich sogar bis über diesen hinaus. Besondere Maßnahmen für diesen Fall brauchen um so weniger getroffen zu werden, als dann die Schiffahrt ruht. Der Kanal zwischen der Schleuse und der Leine hat die Breitenabmessungen des Mittellandkanals, ist aber infolge des wechselnden Wasserstandes wesentlich tiefer; seine Ausführung bot insofern einige Schwierigkeiten, als eine Schleife der Leine durchbaut und der Leinelauf im Unterwasser des Herrenhäuser Wehres seitwärts verschoben werden mußte. Nur so konnte für den Kanal, dessen Wasserspiegel im Mittel 1,3 m über dem Leineunterwasser liegt, der erforderliche Raum zum Durchgang zwischen dem Fluß und dem hohen und bebauten, früheren Leineufer gewonnen werden (Abb. 1 Bl. 22). Gegenüber der Ausmündung des Schleusenunterkanals in die Leine im Oberwasser des Herrenhäuser Wehres war ein Durchstich von rd. 400 m Länge erforderlich, um eine scharfe Krümmung der Leine zugunsten der Schiffahrt und des ungehinderten Hochwasserdurchflusses abzuschneiden.

Vom Wehre an aufwärts bis an die hochwasserfrei gelegene Stadt Hannover heran ist der Leinelauf eingedeicht worden, wodurch beträchtliche Flächen wertvollen Hafen- und Baugeländes gewonnen wurden. Diese Eindeichung machte die bedeutende Verbreiterung des bei normalem Stauspiegel 3,5 m tiefen Leinequerschnittes auf 75 m erforderlich, um auch die größte Hochwassermenge von 930 cbm/Std. abführen zu können. Aus demselben Grunde mußte auch der Abflußquerschnitt des Herrenhäuser Wehres vergrößer werden, und zwar wurde neben dem alten, der Herzoglich Cumberländischen Vermögensverwaltung gehörenden Wehr, das hölzerne Schütze mit herausnehmbaren Grießständern besitzt, ein neues eisernes Wehr mit drei Öffnungen von je 10 m Breite als Schützenwehr mit oben beweglichen Grießständern erbaut (Abb. 3 Bl. 21), wie solches von Schnapp für das Wehr in der Mulde bei Bitterfeld angegeben worden ist (vgl. Zentralbl. d. Bauverw. 1914, S. 655). In Notfällen, insbesondere bei Eisversetzungen, kann die ganze Wehröffnung durch Entriegelung freigegeben werden.

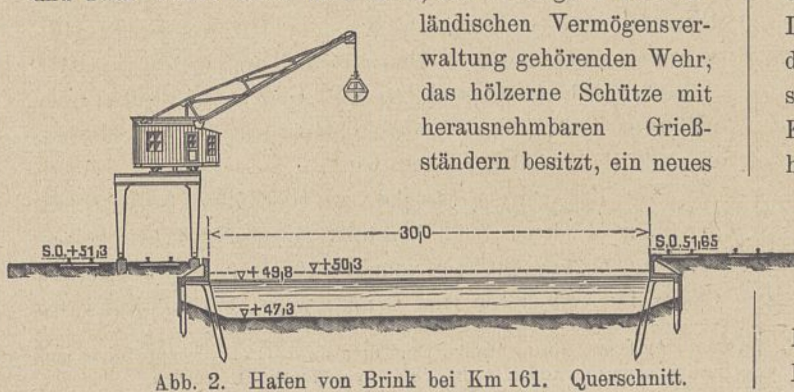


Abb. 2. Hafen von Brink bei Km 161. Querschnitt.

Bemerkenswerte Bauten bieten die beschriebenen Kanalstrecken, abgesehen von den erwähnten Kanalbrücken über die Leine und den Schleusen- und Wehrbauten des Zweigkanals in den zahlreichen Brückenanlagen. Von der Kanalgabelung bei Lohnde bis zu den Endpunkten bei Misburg und Linden überkreuzen die etwa 35 km langen Kanalstrecken drei Eisenbahnbrücken und nicht weniger als dreiunddreißig Straßenbrücken, deren Abstand voneinander zwischen $3^1/_2$ und 0,15 km schwankt (Text-Abb. 3). Diese Eisenbahnbrücken haben den bei der Eisenbahnverwaltung üblichen eisernen Überbau in Form von Trapezträgern mit Widerlagern aus Beton mit Sandsteinverblendung. Von den Straßenbrücken haben die Mehrzahl gleichfalls eiserne Überbauten, zehn sind aus Eisenbeton, eine aus Beton gewölbte ohne Eiseneinlagen hergestellt. Mit Rücksicht auf das Landschaftsbild sind dabei verschiedene Formen des Tragwerkes angewandt. Die eisernen Brücken für Wege außerhalb des städtischen Bebauungsgebietes sind bei einer Bahnbreite bis zu 7,5 m als Balkenbrücken mit gerader unterer und polygonal gekrümmter oberer Gurtung, die breiteren als Bogenfachwerkträger mit Zugband ausgebildet. Die schiefe Brücke im Zuge der Podbielskistraße bei km 167,2 über dem Hauptkanal (Text-Abb. 4) ist als Bogenbrücke aus vollwandigen Dreigelenkbogen mit obenliegender Bahn von 12 + 2 · 3 m Breite erbaut. Unter den Eisenbetonbrücken sind sieben als flachgespannte Dreigelenkbogenbrücken mit obenliegender Fahrbahn (Text-Abb. 5), eine Brücke als Dreigelenkbogen mit angehängter Fahrbahn, eine Brücke als Balkenbrücke mit eingehängtem Koppelträger, äußerlich wie eine Bogenbrücke aussehend, und eine als gewölbte Dreigelenkbogenbrücke System Sympher-Schnapp mit Gegengewichtskragarmen hinter den Kämpfergelenken ausgebildet. Daß diese gewölbten Brücken trotz der sehr flachen Bogen eine größere Höhe über dem Wasserspiegel und daher längere und höhere Rampen bedingten, als die eisernen Überbauten, war im vorliegenden Falle weniger von Bedeutung, da die Rampen bei der später ohnehin notwendigen Anhöhung des Bebauungsgebietes fortfallen. Diese Anhöhung wird im vorliegenden Falle dadurch bedingt, daß die Stadterweiterung später nach dem Trennverfahren kanalisiert und die großen, vorher besonders gereinigten Niederschlagmengen dem Kanal und durch diesen und den oben erwähnten Auslaß in die Leine geführt werden sollen. Die Hausabwässer fließen in die städtische Kanalisation ab, die geringeren Regen- und sehr verdünnten Schmutzwassermengen werden nach gehöriger Klärung mittels der zahlreichen Dücker unter dem Kanal hindurch den bestehenden Wasserläufen zugeführt.

Unter den Brücken ist der Kanalquerschnitt bis auf den Leinfad, der von 3,5 m auf 2,25 m eingeschränkt ist, in voller Wasserspiegelbreite von 31 m durchgeführt.

An dem Hauptkanal nördlich von Hannover sind drei Häfen angelegt, und zwar: der Nordhafen von Hannover, der Hafen bei Brink und der Endhafen bei Misburg.

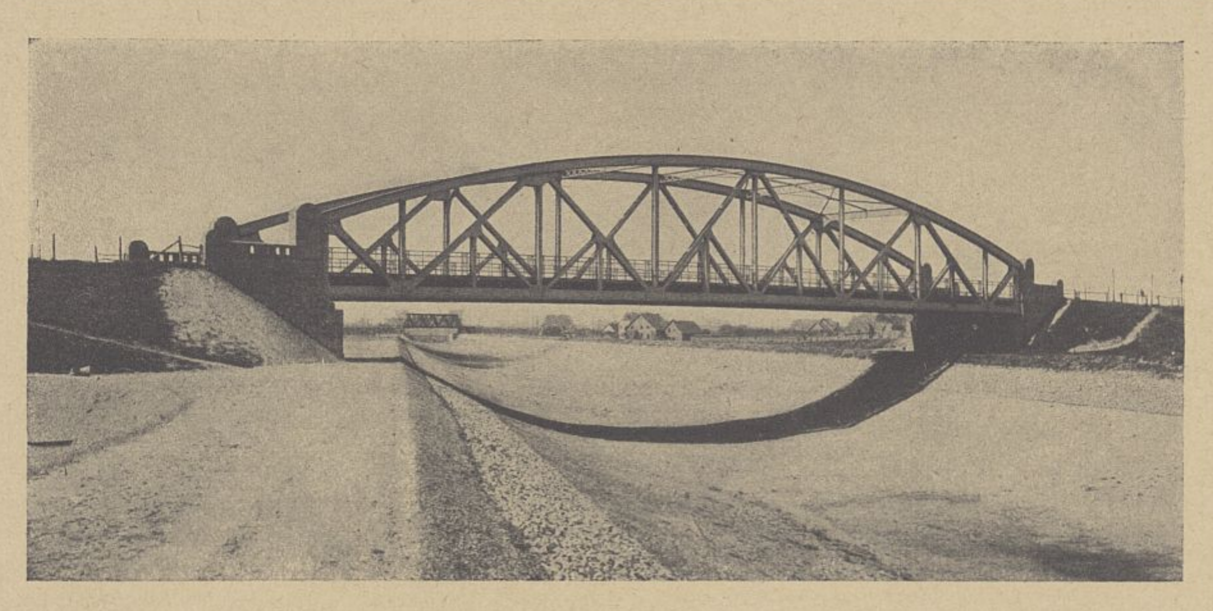


Abb. 3. Straßenbrücke über den Hauptkanal bei Lohnde. Blick nach Westen.

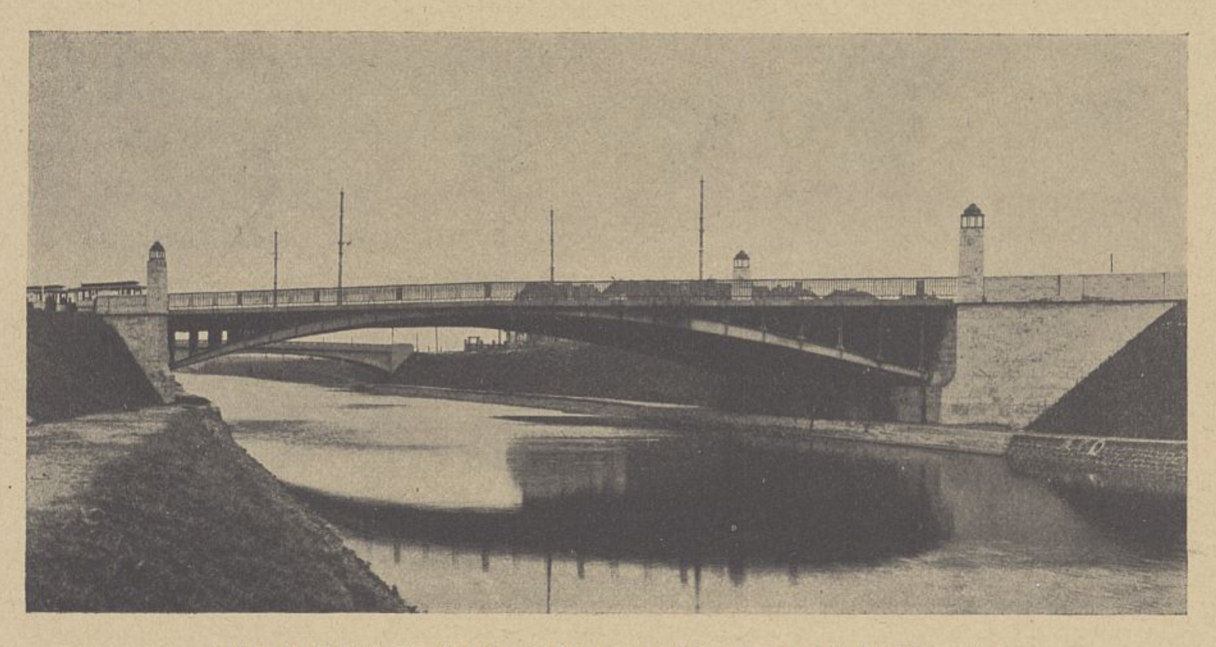


Abb. 4. Schiefe Brücke über den Hauptkanal im Zuge der Podbielskistraße.

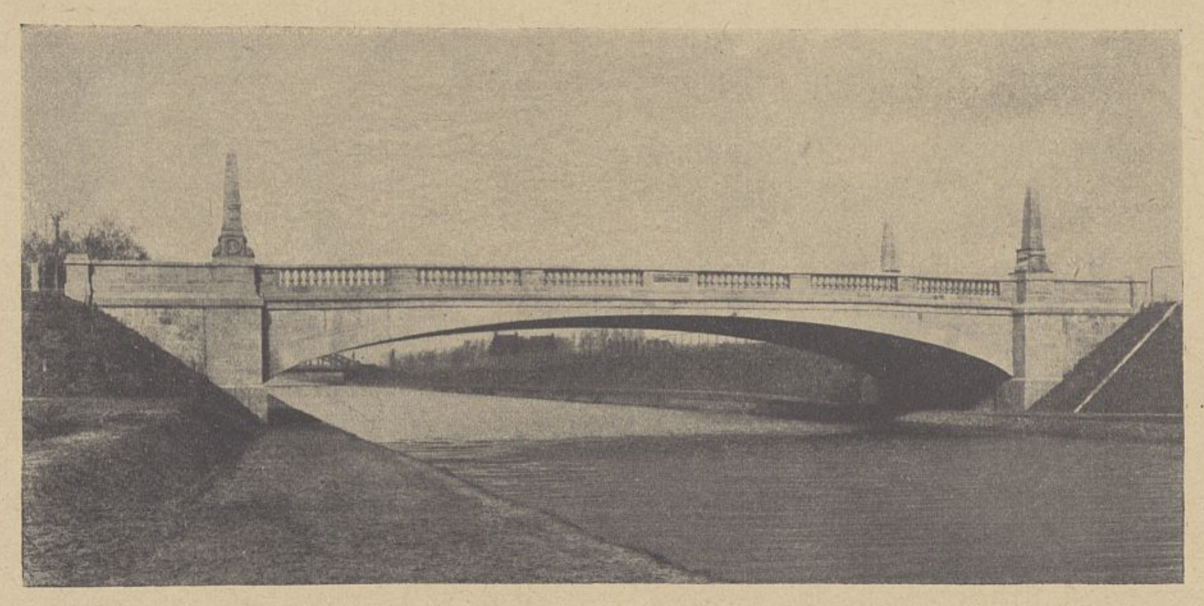


Abb. 5. Eisenbetonbrücke. Dreigelenkbogenbrücke.

Der Nordhafen besteht in einer Verbreiterung des Kanals um 20 m mit einfach geneigter Uferbekleidung aus Beton von 2,6 km Länge und soll Gleisanschluß nach dem Bahnhof Herrenhausen erhalten. Die Bahnkrone für das Verbindungsgleis, die Ufermauer und die Geländeeinebnung sind fertig. Mit den Gleisanlagen und der Aufstellung von Kranen wird demnächst begonnen werden. Das Gelände längs des Südufers in einer Breite von rd. 400 m wird seitens der Stadt vorzugsweise zu Industriezwecken benutzt werden. Die spätere Anlage eines besonderen Hafenbeckens ist in Abb. 1 Bl. 21 angedeutet.

Der Hafen von Brink bei km 161 (Text-Abb. 2) ist als Stichhafen von 30 m Wasserspiegelbreite und 160 m Länge mit beiderseitiger Ufermauer aus Eisenbeton hergestellt und durch eine eingleisige Bahn an den Staatsbahnhof Vinnhorst angeschlossen. Beide Hafenufer sind mit je zwei Gleisen belegt. Auf dem Nordufer ist ein fahrbarer elektrischer Portalkran von 4 t Tragfähigkeit für das Entladen der Schiffe aufgestellt. Das Beladen der Schiffe geschieht mittels leichter, beweglicher Rutschen. Zunächst als Hafen für die dort bereits angelegten oder geplanten Fabrikanlagen gedacht, ist ihm bis

jetzt, da der vorbezeichnete Nordhafen und der Hafen Misburg bei der Eröffnung des Kanalbetriebes noch nicht betriebsfähig waren, eine über seine Leistungsfähigkeit weit hinausgehende Bedeutung für den Verkehr zugefallen.

Der Endhafen bei Misburg Km 172,1 (Text-Abb. 6) ist zunächst nur auf der Südseite für den Umschlagverkehr ausgebaut. Das 420 m lange Ufer ist hier durch eine Betonmauer eingefaßt, auf welche sich eine 1:1,25 geneigte Böschung stützt. Über der Böschung läuft ein elektrischer Winkelportalkran von 5 t Tragfähigkeit zu Löschzwecken. Das Beladen der Schiffe soll mittels Rutschen geschehen. Das mit zwei Gleisen belegte Hafenufer ist an die Staatsbahn bei Mis-

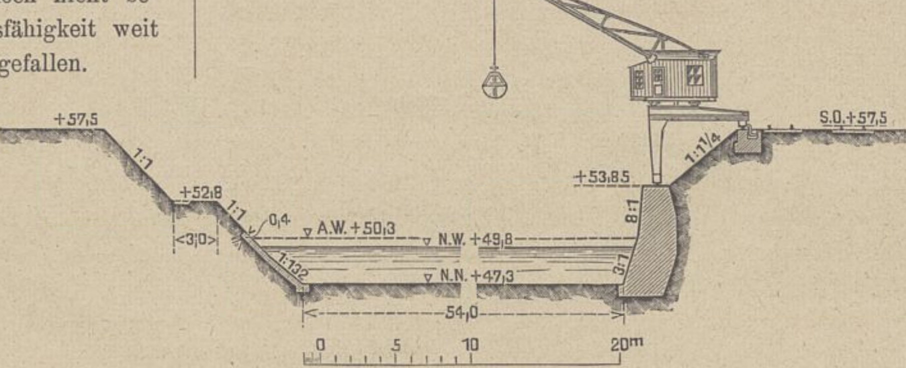


Abb. 6. Endhafen bei Misburg Km 172,1. Querschnitt.

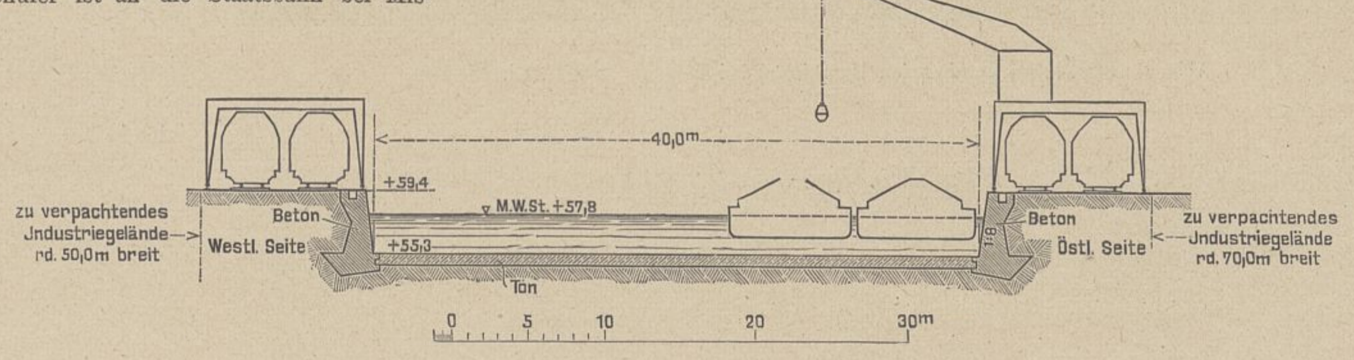


Abb. 7. Städtischer Hafen in Linden. Querschnitt.

burg und an die normalspurige Hannoversche Straßenbahn angeschlossen. Der Straßenbahnanschluß ist gerade hier von besonderer Bedeutung, da mehrere der für den Hafen in Betracht kommenden Fabriken ebenfalls und zwar nur Straßenbahnverbindung haben. Das Nordufer des Hafens ist zunächst für gewerbliche Anlagen, die unmittelbar Wasseranschluß haben müssen, gedacht. Dieses Ufer ist bis 1 m über Wasser mit einer Pflasterböschung befestigt. Zwei von den Zementfabriken in Misburg beabsichtigen, wie im Übersichtsplan (Abb. 1 Bl. 21) ersichtlich ist, vom Ostende des Hafens aus einen besonderen Stichkanal nach ihren Werken zu erbauen.

Die sonst noch am Hauptkanal vorhandenen Ladestellen sind als einfache Verbreiterungen des Kanals um 13 m hergestellt, wobei meistens die Böschungen und die Uferbefestigungen des gewöhnlichen Kanalquerschnittes beibehalten wurden, so bei den Liegestellen Garbsen, km 152,8, Hannover Nordhafen West, km 155, Hannover-List km 163,6, Hannover-Bothfeld, km 164,9. Nur bei den Liegestellen Seelze-Nord für die chemische Fabrik von de Haen in Seelze bei km 151,3 und Behrenbostel bei km 155, 2 sind die gewöhnlichen Kanalböschungen durch 1:1 geneigte Betonverkleidungen ersetzt. — An dem Zweigkanal nach Linden sind, abgesehen von den oben erwähnten Kanalverbreiterungen, auf dem fiskalischen Mehrerwerbsgelände an Ladestellen noch angelegt je eine bei km 7,3 für den Gutsbesitzer Röhrbein in Ahlem und bei km 8,8 für die Gummiwerke Excelsior, die, nicht mit Anschluß an die Eisenbahn- oder Straßenbahn versehen, in Zukunft ihren Kohlenbedarf auf dem Wasserwege beziehen werden.

Der Hafen der Stadt Linden bildet den Endpunkt des Lindener Zweigkanals. Mit dem Hafen ist eine 350 m lange, mit Ufermauer eingefaßte einschiffige Liegestelle verbunden. Daran schließt das etwa 475 m lange, beiderseits von Ufermauern eingefaßte Hafenbecken (Abb. 2 Bl. 22). Seine Breite beträgt 40 m, so daß an jedem Ufer je ein Schiff liegen und zwei weitere Schiffe dazwischen verkehren können. Die gesamte nutzbare Länge der Ufermauern des Lindener Hafens

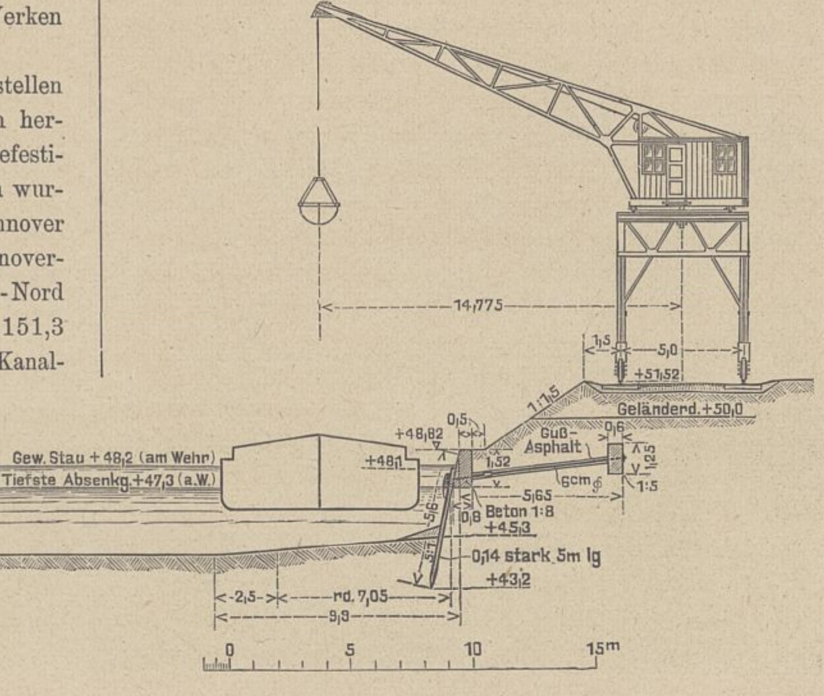


Abb. 8. Leinehafen bei Hannover.

beträgt etwa 1250 m, gewährt also 19 bis 20 Schiffen Platz. Für diese nutzbare Länge von 1250 m sind die erforderlichen Krane vorgesehen und ein Ladegleis und ein Durchlaufgleis angelegt. Die Wassertiefe des Hafens beträgt 2,5 m. Die Oberkante der 1:8 geböschten Ufermauern liegt 1,6 m über normalem Wasserspiegel (Text-Abb. 7). Das Gelände für die spätere Hafenerweiterung ist bereits von der Staatsbauverwaltung enteignet und steht der Stadt Linden zur Verfügung. Der Hafen ist an die Güterumgehungsbahn Seelze-Linden (Fischerhof) angeschlossen, die etwa 5 m über Hafengelände liegt. Auf derselben Höhe liegt der Übergabebahnhof der Umgehungsbahn. An diese Gleisgruppe schließen sich die in Höhe des Hafengeländes gelegenen Ordnungsgleise, auf die dann die beiderseits des Hafenbeckens hinter den Krangleisen gelegenen Ladegleise und Durchlaufgleise folgen.

Wie längs der übrigen Kanalstrecken kann auch von der Hafenschleuse bis zum Lindener Hafen nötigenfalls elektrische Treidelei eingerichtet werden.

Am rechten Ufer der Leine legt, wie erwähnt, die Stadt Hannover rund 750 m oberhalb der Ausmündungsstelle des Unterkanals der Leineschleuse den Leinehafen an. Wie alle Häfen, ist auch dieser erweiterungsfähig. Zunächst ist nur die 600 m lange Uferschälung mittels einer hölzernen, rückwärts verankerten Spundwand hergestellt (Text-Abb. 8), auf die sich eine kleine Betonmauer setzt; gegen diese Schälung stützt sich die 1,5 füßige Böschung der etwa 120 m breiten hochwasserfreien Anschüttung, die zu Lagerplätzen bestimmt ist. Das Ladeufer ermöglicht das gleichzeitige Anlegen von 9 bis 10 großen Lastkähnen und soll mit Kranen ausgestattet werden. Die örtlichen Verhältnisse machen einen Eisenbahnanschluß des Hafens unmöglich, der in Anbetracht der Bestimmung des Hafens für den örtlichen Kohlenverkehr auch entbehrlich ist; die Hannoversche Straßenbahn kann angeschlossen werden (Abb. 3 Bl. 22). Oberhalb des genannten Ladeufers ist noch ein nur etwa 17,5 m breiter Leinedurchstich, der sogenannte Mühlenarm, ausgeführt, dessen Herstellung durch die Hochwasserabführung und Eindeichung geboten war; für die Schiffahrt kommt er wegen seiner Enge, der starken Krümmung und Strömung nicht in Betracht. Dagegen können die aus dem Kanal kommenden Lastschiffe die das Gebiet beider Städte trennende Ihme noch 1,75 km weit hinauffahren, die sich vor dem oberen Ende des Stapelhafens mit der Leine vereint und zwecks Aufnahme des ihr oberhalb zugeführten Leinehochwassers wesentlich breiter ist als der Mühlenarm. Auf diese Weise können die bis zur Ihmebrücke liegenden Fabriken, insbesondere das Kraftwerk der Hannoverschen Straßenbahn und die Hannoversche Gasanstalt mit Kohlen versorgt werden.

Die Schiffahrt auf der Leine und Ihme wird dadurch, daß sie sich im Stau des Herrenhäuser Wehres befindet, sehr erleichtert. Es ist hier nur Schleppbetrieb in Aussicht genommen.

Über deutsche Eisenbauanstalten und ihre Arbeitsweisen.

Vom Regierungsbaumeister Dr.-Ing. Elbern in Mehlem (Rhein).

(Mit Abbildungen auf Blatt 23 bis 29 im Atlas.)

Einleitung.

Anregung zu dieser in den Jahren 1908 bis 1913 entstandenen Arbeit erhielt ich von Herrn Geheimrat Hertwig, Professor an der Technischen Hochschule in Aachen, der mich darauf aufmerksam machte, daß über dieses Thema nur vereinzelte Ausführungen vorhanden seien. In dem neuen technischen Schrifttum fand ich nur kurze Abhandlungen über Arbeitsweisen der Werkstätten, so in Mehrtens, Brückenbau; Schaper, Eiserne Brücken; Dietz, Die Müngstener Brücke. Aus dem letztgenannten Werk entnahm ich den Querschnitt der südlichen Montagehalle der Zweiganstalt Gustavsburg. Weitere Anhaltspunkte wurden mir in dem Werk von Prof. Dr.-Ing. Reißner, Aachen, über amerikanische Eisenbauwerkstätten und in den Ausführungen des Herrn Professor Troske über Fabrikanlagen in der Hütte geboten. Zutritt zu den Anstalten wurde mir auf ein Empfehlungsschreiben des Eisenbahndirektionspräsidenten von Köln hin in den meisten Fällen bereitwilligst gestattet. Bisweilen nur stieß ich auf Mißtrauen und Schwierigkeiten, so daß ein längerer Aufenthalt und Sammlung von Unterlagen unmöglich wurde.

Im ersten Teile meiner Arbeit habe ich die Anlagen und Arbeitsweisen im allgemeinen, und im zweiten Teile die Beschreibung der Anlagen und Arbeitsweisen einzelner Werke ausgeführt.

1. Anlagen und Arbeitsweisen im allgemeinen.

Örtliche Lage. Die Lage zur weiteren Umgebung der Eisenbauanstalten bestimmen vor allem die Beförderungsmittel, Arbeiterverhältnisse und Absatzmöglichkeiten. Die bedeutendsten Werke finden sich deshalb meist da, wo Eisen verhüttet wird und Kohlen gefördert werden, also in den Industriebezirken; ferner in oder nahe den Großstädten. Hier ist ausreichendes Arbeitsangebot verbürgt; infolge der Bedürfnisse des engmaschigen Eisenbahnnetzes, der zahlreichen Wasserstraßen und Industrieanlagen sind gute Absatzmöglichkeiten gewährleistet. Der Schwerpunkt der Eisenkonstruktionserzeugung in Deutschland liegt im rheinisch-westfälischen Industriebezirk. Hier finden sich zahlreiche Eisenbauanstalten, entweder als Zweiganstalten großer technischer Betriebe, z. B. im Anschluß an Eisenhütten, Walzwerke, Maschinenbauanstalten, wie die Gutehoffnungshütte, Harkort, Union und Humboldt, Köln-Kalk, oder auch als Einzelwerke, wie Hein, Lehmann u. Ko., Flender, Jucho und August Klönne. Wo sich Eisenbauanstalten weit abseits der Walzwerke befinden, z. B. bei der Reichshauptstadt, treten sogleich als Folge der Entfernung dieser Werke von den Eisenerzeugungsstellen große Lagerplätze in Erscheinung, z. B. bei Steffens u. Nölle, Berlin.

Lage der Bauplätze. Von Einfluß auf die Lage der Bauplätze der Eisenbauanstalten sind insbesondere Eisenbahn-

und Wasserstraßenanschlüsse und die zeitliche Entwicklung. Die Anschlußgleise an die Staatsbahn lassen sich im allgemeinen nicht auf der freien Strecke einführen. Deshalb ist die Nähe eines Bahnhofes für den Bauplatz Bedingung. Bei zahlreichen Werken bestehen außerdem Anschlüsse an Wasserstraßen, z. B. bei Harkort, der Union, Gustavsburg, Steffens u. Nölle. Viele Werke haben sich aus kleinen Anfängen heraus entwickelt. Für die Neubauten und Lagerplätze wurde bei den Stammwerken neues Gelände angekauft, und das Stammwerk mit seinen alten Werkstätten verblieb für leichte Konstruktionen, Richtereien oder andere Zwecke, z. B. bei Klönne, Hein, Lehmann, Harkort, der Gutehoffnungshütte.

Gesamtanlage. Die zeitliche Entwicklung erklärt auch die recht verwickelt erscheinende Gesamtanlage mancher Werke und besonders die große Anzahl kleiner Bauten und Schuppen, in denen sich die Fabrikationsvorgänge abspielen. Gerade bei den älteren Werken findet sich deshalb vielfach eine größere Anzahl von Einzelgebäuden, während neuere Werke, und Werke, die nach einem einheitlichen Plane erbaut wurden, sich durch Übersichtlichkeit der Anlage auszeichnen. Bei den letztgenannten sehen wir dann fast sämtliche Fabrikationsstufen in einer großen, langgestreckten Halle in die Erscheinung treten. An einem Ende der Werkstatt befindet sich hier der Lagerplatz für Rohstoffe, in der Halle schließen sich die Richtmaschinen, Scher- und Hobelmaschinen, Sägen und Fräsmaschinen, Bohr- und Nietmaschinen an. Der größte Teil der Halle, in den meisten Fällen das Mittelschiff, ist der Zulage vorbehalten. Dann folgen am anderen Ende der Halle die Lagerplätze für die fertigen Bauteile.

Maßgebend für die Gesamtanlage eines Werkes ist in allen Fällen der Arbeitsweg, den das Eisen, vom Walzeisen angefangen, bis zur aufstellungsfertigen Konstruktion durchläuft. In den meisten Werken verlaufen die Arbeitswege für kleinere und leichte Konstruktionen getrennt von denen für schwere Brücken und Blechträger, und wir stoßen deshalb auf zwei Anlagegruppen, z. B. in Gustavsburg und bei Harkort, und der Gutehoffnungshütte. Den Arbeitsvorgängen entspricht die Bauart der Hallen. Sie wird außerdem noch von Förderanlagen und Belichtung, aber auch von der Kraftübertragung, Entlüftung und Beheizung beeinflußt.

Bauart der Hallen. Die großen Zulagen von schweren Brücken in der Werkstatt erfordern, wenn sie nicht, wie es bisweilen geschieht, draußen unter freiem Himmel stattfinden, geräumige, weitgespannte Hallen, die möglichst wenig durch Pfeiler die Werkstattmontage behindern. In den Seitenschiffen dieser Hallen finden sich dann die meisten Arbeitsmaschinen aufgestellt (vgl. Abb. 1 u. 4 Bl. 24, Abb. 2 bis 7 Bl. 27).

Während in älteren Werkstätten die Kranstützen noch auf Konsolen ruhen, sind bei den neueren Hallen die Stützen für Krane und Dach getrennt. Manchmal sind die Kranbahnen auch an den Dachbindern aufgehängt, z. B. in der Hauptmaschinenhalle von Hilgers, Rheinbrohl (Abb. 2 u. 3 Bl. 27), oder die inneren Kranbahnen hängen an durchlaufenden Trägern in der Firstlinie der Dächer, die die Drucke auf Stützen abgeben, z. B. in der neuen Richterei und Montagehalle bei Harkort (Bl. 28 u. 29).

Die Belichtung der Hallen erfolgt durch Seitenfenster in den Längswänden und Giebelflächen und durch Oberlichter. Die einseitige Seitenbelichtung ist nur noch selten in älteren Werkstätten anzutreffen, da sie ein genaues Aufreißen mit der Reißnadel und Verarbeiten der vorgerissenen Eisenteile außerordentlich erschwert. In den neueren Hallen sind meistens Oberlichter oder Oberbelichtung in Verbindung mit Seitenfenstern zu finden. Die Oberbelichtung erfolgt durch Firstlaternen oder durch senkrecht zum First angebrachte Querlaternen, ferner durch Glasflächen über und unter der Traufe.

Als Dachhaut findet sich Wellblech zumeist bei kleineren Hallen, im allgemeinen aber Holzverschalung mit doppellagiger Pappe, aber auch Kalkgipsputz, z. B. bei der großen Haupthalle der Gutehoffnungshütte (Abb. 3 Bl. 24).

Die Fußböden bestehen vielfach noch aus Lehmschlag, meistens aber aus Beton oder Holzklotzpflaster auf Asphalt und Betonunterlage, wie z. B. in der Richterei und neuen Montagehalle von Harkort.

Beförderungsanlagen. Während auf den Lagerplätzen der Eisenbauanstalten der Raum im allgemeinen wenig beschränkt ist und deshalb die Beförderung auf Normalspur- und Schmalspurgleisen üblich und meistens ausreichend ist, reicht die Beförderung auf Wagen in der Werkstatt, in der jedes Quadratmeter Raum infolge der kostspieligen Überbauten ausgenutzt werden muß, zur Bedienung der Maschinen und Zulagen zumeist nicht aus und ist auch nicht immer erwünscht. Die Gleisförderung sperrt die Gänge zwischen den Arbeitsmaschinen, und besonders die Zulagen können bei ihrer großen Längs- und Querausdehnung nicht immer von den Gleisen aus bedient werden. Deshalb wird der in den Werkstätten über den Maschinen und Zulagen zur Verfügung stehende Raum für weitere Fördermittel, meistens Brückenkrane und Hängebahnen, ausgenutzt. In den Seitenschiffen findet sich bisweilen der wenig Raum beanspruchende Zweiradkran. Die wichtigeren Arbeitsmaschinen bedient der Schwenkkran.

Die Gleisanlage der Lagerplätze ist mit den Gleisen für die An- und Abfuhr durch Weichen oder Drehscheiben verbunden. Neben Normalspurgleisen finden sich wegen des geringeren Platzes, den sie beanspruchen, und wegen ihrer leichten Verlegungsmöglichkeit Schmalspurgleise. Das Verschiebegeschäft auf den Lagerplätzen besorgen Lokomotiven und Lokomotivkrane; das Ausladen aus den Eisenbahnwagen meistens handbediente Bockkrane. Für die zu Schiff angekommenen und abgehenden Eisen stehen Drehkrane zur Verfügung, z. B. bei Harkort und Steffens u. Nölle (Text-Abb. 13 und Abb. 2 Bl. 28).

Die Tragkraft der Brückenkrane in den Werkstätten nimmt mit dem vorgeschrittenen Arbeitsweg und der ihm entsprechenden größeren Schwere der Konstruktionsteile zu. Über den Zulagen für schwere Brücken bewegen sich stets Laufkrane, die eine Tragkraft bis 25 t und Brückengeschwindigkeiten bis 150 m/Min. aufweisen. Die Förderung für leichte Stücke leisten manchmal auch Hängebahnen, deren Laufschienen an den Dachbindern hängen, handbediente Laufkrane und Zweiradkrane. In der neuerbauten Eisenkonstruktionswerkstatt des Nordwerkes von Gustavsburg umfährt ein Wandauslegerkran mit kragartig gebautem Kranträger die Innenwand der ganzen Werkstatt.

Die Querförderung in den Werkstätten geht meist auf Schmalspurgleisen vor sich. Die Beförderung auf Handwagen

unterstützt auch die Längsförderung in den Haupthallen und Seitenschiffen und ist in den Nebenhallen, wie Richtereien, Vorzeichnereien, Schmieden in den meisten Fällen das alleinige zur Verfügung stehende Fördermittel. Elektrisch betriebene Spille zur Bewegung der Handwagen finden sich wegen der Behinderung des Querverkehrs durch die Zugseile nur wenig vor. Bisweilen sind Preßlufthebezeuge anzutreffen. Sie finden sich z. B. vereinzelt in den Werken von Flender und August Klönne.

Kraftquellen und Kraftübertragung. Die meisten Werke haben eigenes Krafthaus, manche auch beziehen ihre Betriebskraft und Licht von benachbarten Werken oder Kraftwerken ganz oder teilweise. Als Betriebskräfte stehen in den Eisenbauanstalten hauptsächlich Dampf, Elektrizität, Preßluft und Preßwasser zur Verfügung. Die mechanische Kraftübertragung erfolgt, um Kraftverluste zu vermeiden, zumeist in den beim Krafthaus gelegenen Werkstätten. Bei entfernt liegenden Hallen ist elektrische Kraftübertragung durch Einzel- und Gruppenantrieb üblich. Die Nachteile der Wellenleitung, wie die Staubumwirbelung durch die Riemen und Wellen, die größeren Unfallmöglichkeiten, der ständige Verbrauch von Arbeitskraft bei stillstehenden Maschinen, die Raum und Licht entziehenden Lager, Riemen und Wellen haben manche Werke veranlaßt, auch in der Nähe des Krafthauses die Arbeitsmaschinen durch Einzelmotoren betreiben zu lassen und nur bei geringe Kraft verzehrenden Maschinen zum Gruppenantrieb überzugehen. Einzelantrieb durch Elektromotor ist dann von etwa 6 PS ab üblich. Einzelantrieb ist Regel bei selten gebrauchten, sehr schweren und nicht ortfesten Maschinen. Zur ersten und zweiten Gruppe gehören insbesondere Richt-, Biege-, Klinkmaschinen, Scheren, Stanzen und Exzenterpressen, zur dritten besonders elektrisch betriebene Aufreibemaschinen, Bohrmaschinen und Nietpressen. Für nichtortfeste Maschinen hat die Verwendung von Preßluft in den Eisenbauanstalten eine immer größere Ausbreitung erfahren, so daß fast jedes größere Werk mit einer oder mehreren Preßluftanlagen ausgestattet ist. Preßluft findet Verwendung besonders bei Niethämmern, Kniehebelpressen, Gegenhaltern beim Nieten, Nietfeuern, Abstemmeißeln, Aufreibemaschinen und Hebezeugen. Vorzüge der Preßluft in den Eisenbauwerkstätten sind außer der guten Beförderungsfähigkeit der Druckluftmaschinen der Fortfall der Rückleitung und besonders die häufige Verwendungsmöglichkeit, und gegenüber den Druckwassermaschinen das leichtere Dichthalten der Schläuche und die Unmöglichkeit des Gefrierens. Obwohl die Druckluft-Nietpressen fast die gleichen Nietergebnisse liefern wie die Druckwasserpressen, finden sich Druckwasser-Nietmaschinen und Pressen in Verbindung mit Druckwassersammlern und Pumpen in den meisten Werken vor, einmal, weil die Druckwasseranlagen bereits vor Einführung der Druckluftmaschinen vorhanden waren, besonders aber, weil die Druckwasser-Nietpressen vor den Druckluftpressen mit Kniehebelübersetzung den Vorzug des gleichbleibenden Druckes haben. Bei großen Blechkantenhobelmaschinen benutzt man bisweilen für die Aufspannung der Bleche Druckwasserzylinder.

Vorzeichnen. Durch das Vorzeichnen werden die Abmessungen und die Nietteilung von den Werkstattzeichnungen, die meistens im Maßstab 1 : 10 vorliegen, auf die Bleche, Universal- und Profileisen übertragen. Hierzu dient zunächst ein Eisenstift, die Reißnadel (Text-Abb. 1). Um deutlich sichtbare Striche zu erzielen, wird vielfach das Eisen vor dem Vorzeichnen mit einer Farbe — einem Gemisch aus Wasser, Kreide und Leim — überstrichen.

Das Streichmaß oder Wurzelmaß (Text-Abb. 2) besteht aus einem Viertelkreise mit einem Anschlag *a*, dessen Umkreis im Abstand von jedesmal 5 mm von der inneren Anschlagkante Auskerbungen zeigt. Die „Streichmaße“, das sind die Abstände einer Nietreihe von der Blechkante, oder bei Winkeln vom Winkelrücken aus gemessen, entstehen dadurch, daß mit Wurzelmaß und eingestemmter Reißnadel mit dem Anschlag *a* des Streichmaßes an der Blechkante oder dem Winkelrücken vorbeigefahren wird. Manche Werke haben, um Irrtümer des Vorzeichners möglichst zu verhüten, für jede Nietreihenentfernung besondere Streichmaße eingeführt, die aus einem senkrecht umgebogenen Eisenblech bestehen. Außerdem sind verstellbare Streichmaße mit Millimeterteilung häufig anzutreffen.

Der Anschlagwinkel (Text-Abb. 3) wird benutzt, um auf einer gehobelten Blechkante oder einem Profileisen eine senkrechte Linie mit der Reißnadel aufzureißen.

Flache, wagerecht liegende Eisenmaßstäbe, „Lineale“ mit Millimeterteilung werden zumeist in Verbindung mit dem Reißklotz benutzt (Text-Abb. 4), um die Nietteilung aufzutragen. Der Reißklotz ist ein Prisma mit einer Aussparung für das Lineal. Maßstäbe mit senkrecht stehender Teilung werden bei Seitenlicht benutzt.

Ein senkrechter Blechwinkel ohne Anschlag dient dazu, um auf einer gezogenen Geraden eine senkrechte Linie aufzureißen (Text.-Abb. 3a).

Die Schmiege oder Scharnierwinkel überträgt beliebige Winkel auf das Eisen (Text-Abb. 5).

Der Stangen- oder Stockzirkel wird zum Schlagen von Kreisen benutzt. Der Vorgang beim Vorreißen spielt sich in ähnlicher Weise wie der beim Zeichnen auf dem Reißbrett ab. Die Reißnadel entspricht dem Bleistift, das Wurzelmaß der Reißschiene und der Anschlagwinkel dem Dreieck.

Sollen die Nietabstände (Text.-Abb. 6) von einem Blech *a* auf den freien Winkelschenkel eines umsäumenden Winkels *b* übertragen werden, so werden mit Hilfe des Anschlagwinkels die Teilstriche zunächst auf die Kante *c*, *d*, *e*, *f* übergerissen und dann in gleicher Weise von der Kante aus auf den freien Winkelschenkel übernommen. Dieser Vorgang heißt Überwinkeln.

Nach dem Aufreißen der Nietteilung werden die Nietteilpunkte durch einen Hammerschlag auf den Körner (Text-Abb. 7) festgelegt. Der Kontrollkörner (Text-Abb. 8) umschreibt den Nietdurchmesser mit dem Kontrollkreis. Mit Hilfe des Kontrollkreises *a* läßt sich nach dem Bohren ein Bohrloch auf Größe und zentrische Lage prüfen. Um die Nietteilung von einem vorgebohrten Eisen auf ein anderes zu übertragen, dient der Durchschlagkörner (Text-Abb. 9). Er hat den Durchmesser des gebohrten Loches.

Übliche Arbeitsverfahren. Es ist nicht immer möglich, ein ausgeprägtes, scharf umgrenztes Verfahren für eine Werkstatt festzulegen. Die meisten Werke arbeiten nach mehreren Verfahren, und jedes Werk hat seine ihm

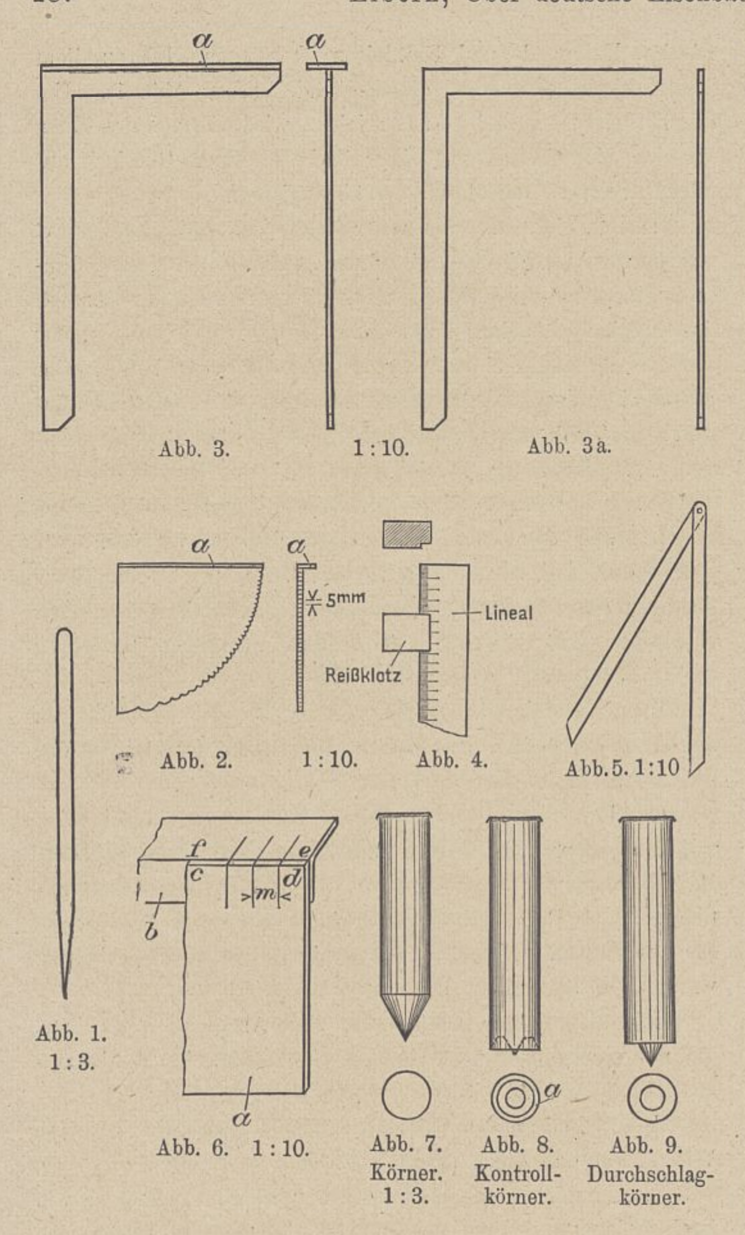


Abb. 3. 1:10. Abb. 3a.

Abb. 2. 1:10. Abb. 4. Abb. 5. 1:10

Abb. 1. 1:3.

Abb. 6. 1:10. Abb. 7. Körner. 1:3. Abb. 8. Kontrollkörner. Abb. 9. Durchschlagkörner.

mehr oder weniger eigenen Arbeitsweisen. Sie hängen ab: von der Art der anzufertigenden Konstruktionen, den Lieferungsbestimmungen, den vorhandenen Einrichtungen, den vorhandenen Arbeitskräften und den für die Benutzung freien Maschinen.

Die meistens üblichen Verfahren mögen Schablonier-, Hilfsschablonen- und Zulegeverfahren benannt werden. Beim Schablonierverfahren werden Umrisse und Nietteilung auf einen Bestandteil der Konstruktion, also ein Blech oder Profileisen aufgezeichnet, das Eisen wird geschnitten und gebohrt und dient als Umriß und Nietteilungsschablone für die Eisen des gleichen Postens. Beim Hilfsschablonenverfahren werden Hilfsschablonen aus Papier, Holz und Eisen verwendet. Von den Schablonen werden Umrisse und Nietteilung auf die Profile und Bleche übertragen.

Beim Zulegeverfahren werden Bleche und Profileisen auf der Zulage zusammengebaut, miteinander verspannt, und die Löcher, die durch einen Niet verbunden werden sollen, gleichzeitig gebohrt.

Schablonierverfahren. Das Schablonierverfahren dürfte wohl am meisten verbreitet sein. Seine Vorzüge sind: Es wird kein Holz, Papier oder Eisen verbraucht, da als Schablone ein Konstruktionsteil verwendet wird. Die Genauigkeit ist nicht durch die Verschiedenheit der Ausdehnungskoeffizienten von Schablone und Baustoff gefährdet. Die Bearbeitung der Konstruktionsteile erfolgt an beliebig vielen Punkten der Konstruktion zugleich in Unabhängigkeit voneinander, so daß Maschinen und Arbeitspersonal gleichmäßig beschäftigt werden können. Die Unabhängigkeit der Lieferung vom Walzwerk ist gewährleistet, weil es im allgemeinen gleichgültig ist, welche Konstruktionsteile zuerst bei diesem Verfahren bearbeitet werden. Sein Nachteil besteht in dem schweren Gewicht der zu bewegenden Schablonen.

Hilfsschablonenverfahren. Beim Hilfsschablonenverfahren treten zu den Vorzügen einer unabhängigen Bearbeitung der Konstruktionsteile voneinander, der Unabhängigkeit von der Walzwerklieferung und der gleichmäßigen Ausnützung von Maschinen und Personal noch die Vorteile der leichten Beweglichkeit der Schablonen. Die ungleiche Ausdehnung von Schablonen und Eisen, die schnelle Abnutzung der gefertigten Papier- und Holzschablonen, die hieraus entspringenden Fehlerquellen und endlich der Verbrauch von Holz, Papier und Eisen sind jedoch als Nachteile zu benennen.

Zulegeverfahren. Das Zulegeverfahren kommt hauptsächlich bei solchen Konstruktionen in Frage, bei denen zahlreiche Platten zu durchbohren sind, also bei schweren Brücken- und Blechträgern. Das Verfahren verlangt eine besondere Ausstattung der Werkstatt, der in verschiedener Weise Rechnung getragen werden kann:

a) Der zugelegte Träger ruht auf beweglicher Unterlage und läßt sich auf einem Wagengestell unter feststehenden Bohrmaschinen verschieben.

b) Der Träger liegt fest und kann von Bohrkranen bestrichen werden. Diese Anordnung besteht z. B. in Gustavsburg, bei Hilgers u. a.

c) Der Träger liegt auf der Zulage und das Bohren wird von selbständigen, versetzbaren Bohrmaschinen mit Einzelantrieb besorgt. Die Bohrmaschinen werden mit Hilfe von Kranen oder Gleisen versetzt. Der Ausleger ermöglicht ein wagerechtes und lotrechtes Bestreichen der Bohrlöcher. Diese Einrichtung findet sich z. B. in der Brückenbauanstalt Flender.

d) Der Träger liegt auf der Zulage und ein Büschel nebeneinander stehender Radialbohrmaschinen leistet die Bohrarbeit. Diese Einrichtung ist z. B. bei Flender, in der Gutehoffnungshütte und bei Hein, Lehmann u. Ko. vorhanden.

Als Vorzüge des Zulegeverfahrens, das Bayern und andere süddeutsche Staaten vorschreiben, sind folgende zu benennen: Es bietet Gewähr für ein genaues Aufeinanderpassen der Bohrlöcher und ein spannungsloses Aneinanderpassen der Teile. Ein geringes Verschieben der Angriffspunkte der Bohrer gegenüber der vorgekörnten Lochmitte ist nicht von Belang, weil es bei allen zu vernietenden Teilen zugleich eintritt. Ein nachträgliches Aufreiben entfällt. Die Überhöhung läßt sich in einfacher Weise berücksichtigen. Das Verfahren hat sich zweifellos und besonders bei Freiaufstellung bewährt. Aber infolge der für dieses Verfahren notwendigen Werkstättenausstattung wird die Bohrarbeit nicht unwesentlich verteuert. Konstruktionen, die für dieses Verfahren geeignet sind, und solche, bei denen das Verfahren unwirtschaftlich wäre, müssen verschiedene Arbeitswege durchlaufen. Ein unabhängiges Bearbeiten der Teile voneinander ist gehemmt. An den Richt-, Biege-,

Schmiede-, Schneide- und Bohrmaschinen häuft sich vielfach die Arbeit zu denselben Zeitpunkten und ebenso für das diese Maschinen bedienende Personal; werden doch bei diesem Verfahren stets größere Konstruktionsteile, z. B. vollständig zusammengebaute Gurtteile, die sich über eine Reihe von Knotenpunkten erstrecken, hintereinander gebohrt, Richt-, Schmiede- und Schneidearbeiten müssen aber vor dem Bohren erledigt sein.

Richten und Richtmaschinen.

Allgemeines. Das Richten der Bleche und Profileisen bezweckt, Ausbeulungen und Krümmungen bei Blechen und Krümmungen bei Profileisen zu beseitigen. Diese Beseitigung ist nötig, weil ein genaues Vorzeichnen und Durchkörnen nur auf gut ausgerichteten Walzeisen möglich ist, weil ferner sonst Zusatzkräfte nach dem Nieten auftreten, die nicht in Rechnung gezogen wurden, und weil endlich zwischen schlecht gerichteten Blechen und Profilen trotz späteren Verstemmens und Verkittens Fugen bleiben, in die das Wasser eindringen kann, oder die Feuchtigkeit der Luft sich als Wasser niederschlägt. Die Lebensdauer einer Konstruktion aus ungenau gerichteten Blechen und Profileisen kann deshalb und zumal, weil in den Fugen der Anstrich nicht erneuert werden kann, gefährdet werden.

Bleche. Blechköpfe, kleinere Bleche und leichte Profileisen werden durch Hämmern auf der Richtplatte gerichtet; das Richten von stärkeren Blechen erfolgt durch Hin- und Herbewegen der Bleche zwischen einer oberen und unteren gegeneinander versetzten Walzengruppe. Die Dampfkessel- und Gasometerfabrik A.-G. Braunschweig baut z. B. die Blechrichtmaschinen für schwere Bleche mit fünf Walzen, von denen zwei oben liegen, die für mittlere Bleche mit vier Unterwalzen und drei Oberwalzen. Nur die unteren Walzen werden angetrieben; die oberen werden durch Reibung am Blech mitgenommen. Der Antrieb der unteren Walzen erfolgt bei leichten und mittleren Blechen durch die Transmission. Das Heben und Senken der Oberwalzen geschieht dann durch Handräder. Schwere Maschinen zeigen Einzelmotoren für Umdrehung und Hub.

Flacheisen und Universaleisen werden flach in derselben Weise wie Bleche gerichtet. Das Ausrichten nach der hohen Kante geschieht durch Exzenter-, Schrauben- und Wasserpressen. Die Eisen werden flachliegend in die Presse gelegt, und mit dem Stempel wird ein Druck auf die ausgebauchte Kante ausgeübt.

Das Flachrichten dieser Eisen kann auch auf der Richtplatte in der Weise erfolgen, daß auf die hohle Seite mit schweren Hämmern so lange Schläge ausgeführt werden, bis das Eisen sich gerade biegt.

Profileisen. Durch Exzenterpressen mit senkrecht oder wagerecht wirkendem Stempel werden auch Profileisen gerichtet. Der Stab wird auf meist versetzbare Rollen gelegt und vom Stempel durchgebogen. Die Durchbiegung wird durch Flacheisenstücke geregelt. Man findet einfache, doppelte oder mit Stoßmaschinen oder Scheren versehene Pressen.

Zum Richten von Winkeleisen sind bisweilen Richtmaschinen mit Rollen im Gebrauch, die in ähnlicher Weise wie die der Blechrichtmaschinen angeordnet sind und eine dem Winkel sich anpassende Form zeigen. Stärkere Profileisen werden vom Walzwerk meist gerade geliefert.

Biegen und Biegemaschinen.

Universal- und Flacheisen werden nach der hohen Kante in gleicher Weise durch Pressen, meistens Exzenterpressen, gebogen, wie sie hochkant gerichtet werden. Das Verfahren erreicht jedoch etwa bei Krümmungen von 20 m Halbmesser und Stärken von 200 · 20 mm seine oberste Grenze, weil alsdann die hohle Seite Neigung zum Falten zeigt.

Bei größeren Halbmessern und Blechen von einer Breite von etwa 500 mm ab geschieht das Biegen vielfach noch durch Strecken. Durch das Strecken, d. h. das Bearbeiten des Eisens auf der Richtplatte mit schweren Hämmern, wird jedoch bei Krümmungen mit kleinem Halbmesser das Eisen zerschlagen, läßt sich nachher nicht mehr glatt richten und wird auf der bauchigen Seite bedeutend dünner als auf der hohlen.

Besser ist ein Ausarbeiten der Bleche auf der bauchigen Seite bei kleineren Halbmessern durch Scherenschnitte mit geradem Messer und bei größeren Halbmessern durch Hobeln. Das Hobelmesser muß in diesem Falle noch senkrecht zur Längskante des Bleches verschoben werden. Auf der hohlen Seite der Bleche wird durch Abbohren von Loch an Loch und späteres Nacharbeiten mit dem Meißel gute Arbeit erzielt. Auch Stanzen mit viereckigem Stempel ist üblich. Bei ganz flachen Krümmungen kann die innere Rundung durch vorsichtiges Hobeln erreicht werden. Sie kann auch durch Scheren mit gekrümmtem Messer erfolgen.

Größere Bleche, z. B. für den Behälterbau, werden in ihrer Ebene durch Biegemaschinen gebogen. Hierbei wird das Blech zwischen drei Walzen, einer oberen und zwei Unterwalzen, hindurchgewalzt. Der Antrieb erfolgt auf die Unterwalzen.

Profileisen werden meistens auf der Exzenterpresse gebogen. Jedoch erreicht das Verfahren bei kleineren Halbmessern bald seine Grenze. Das Biegen geschieht dann auf warmem Wege in der Schmiede. Die Biegung der Winkeleisen in der Ebene eines ihrer Schenkel, wie sie bei Bogenbrücken und beim Behälterbau vorkommen, erfolgt manchmal auch durch Biegemaschinen mit Rollen.

Schneiden und Nacharbeiten.

Genaue Schnitte der Bleche und Profileisen sind zur Übertragung der Druckkräfte in Eisenkonstruktionen unentbehrlich. Durch ungenaue Schnitte entstehen Fugen gerade an wichtigen Verbindungsstellen, den Stößen- und Knotenpunkten. Schnitte erfolgen durch Scheren, Sägen und das autogene Schnittverfahren. Scherenschnitte erfordern Nacharbeiten entweder durch Fräsen oder Hobeln.

Scheren. Bei Scherenschnitten treten infolge der Scherkräfte an den Schnittflächen Veränderungen im Gefüge des Eisens ein, die seine Festigkeit an diesen Stellen beeinträchtigen. Die Schnittflächen sind rauh, zeigen Abstufungen und sind nach der Richtung des wirkenden Messers gering verbogen. Breite Bleche, die wiederholten Hub erforderlich machen, lassen meistens die Ansatzstellen der Messer nach ihrem Schnitt erkennen. Besonders große Bleche werden zumeist im Walzwerk auf Bestellung warm geschnitten und erfordern dann in der Werkstatt nur noch Nacharbeiten.

Üblich sind die Exzenter-, Kurbel- und Druckwasserscheren. Die Scherblätter stehen parallel und senkrecht zu den Gestellen, bisweilen auch schräg, damit Stabeisen von unbegrenzter Länge zerteilt werden können. Ein Nachteil der Exzenterscheren ist die ihnen eigene Ausrückvorrichtung, die nicht gestattet, den Schnitt während des Hubes zu unterbrechen, ein Nachteil, der bei den Druckwasserscheren fortfällt.

Bei Profileisen werden, um ein Verquetschen der Profile zu vermeiden, besondere Profileisenscheren angewendet.

Bei den Winkeleisenscheren entsprechen die Scherblätter der Form des Winkeleisens. Das obere Messer zeigt die winkelförmig vorspringende Schneide, das untere Messer den entsprechenden Ausschnitt in der Schneide.

Weniger gute Schnitte liefern Maschinen, bei denen in den Schermesserplatten winkelförmige Ausschnitte für die durchzusteckenden Winkeleisen in Gebrauch sind. Bei kleineren T-Eisen und Winkeleisen sind Schermesserplatten mit entsprechenden Ausschnitten üblich.

Bei größeren Profilen gewährleisten Obermesser, die zum Schneiden der Flansche schräge Schneidkanten besitzen mit Führung zwischen zwei unteren und zwei seitlichen Messern, einen besseren Schnitt. Bisweilen durchschneidet das schmale Obermesser eine Steghälfte und den einen Flansch des Profils und in einem zweiten Schnitt die andere Steghälfte und den anderen Flansch. Alle Profilscheren lassen sich nur für eine eng bemessene Anzahl verschiedener Profilgrößen verwenden.

Blechschnitte, die durch Stanzen von Loch an Loch mit viereckigen Stempeln erfolgen, haben eine ähnliche Veränderung des Eisens an den Stoßflächen zur Folge wie die Scherenschnitte und erfordern deshalb ebenfalls Nacharbeiten. Bohren von Loch an Loch und späteres Abstemmen mit dem Meißel ist zeitraubend und deshalb kostspielig, liefert aber einwandfreie Schnittflächen.

Autogenes Schnittverfahren. Das autogene Schnittverfahren verdankt seine häufige Anwendung der Schnelligkeit des Schneidevorganges und der Versetzfähigkeit des Schneidegerätes. Es wird u. a. angewendet beim Ausklinken, beim Schlitzen in Blechen, z. B. geschlitzten Knotenblechen, bei kreisförmigen oder elliptischen Ausschnitten, bei Einzelschnitten wegen der Transportersparnis des Werkstückes, bei Schnitten an fertigen Konstruktionen. Es erfordert geübte Arbeiter und Nacharbeiten.

Sägen. Sägeschnitte erfordern keine Nacharbeit und sind besonders bei Profilen üblich. Zur Verwendung gelangen meistens Kreiskaltsägen, nämlich Hebelsägen, Sägen mit feststehender Sägespindellagerung und Schlittensägen. Ein Nachteil der Hebelsägen, die den Vorschub durch ihr Gewicht nebst Zusatzgewichten bewirken, ist der, daß sich bei ihnen ein unrundes oder ausgebrochenes Sägeblatt bisweilen festsetzt. Häufig findet sich deshalb der Vorschub auf mechanischem Wege, bei dem durch Reibungsschaltung oder eine andere Nachgiebigkeit Sorge getragen ist, daß bei zu großem Widerstand der Vorschub unterbrochen wird. Bei kleineren Werkstücken werden Sägen mit feststehender Spindellagerung verwandt; bei schweren solche mit Schlittenbewegung der Sägespindellagerung, so daß das Werkstück von der Maschine nicht bewegt zu werden braucht. — Die Zähne der Sägeblätter sind eingearbeitet oder eingesetzt und dann aus Schnellstahl. Die Aufstellung erfolgt zweckmäßigerweise so, daß ein Arbeiter mehrere Sägen bedienen kann.

Abb. 1 bis 3 Bl. 23 zeigt eine Schlittensäge aus der Brückenbauanstalt Hein, Lehmann u. Ko. von Gustav Wagner, Reutlingen, mit beliebiger Drehbarkeit des Sägekopfes und beweglicher Spindellagerung. Sie leistet wagerechte, senkrechte und Gehrungsschnitte. Sie kann auch mit Fräskopf Verwendung finden. Sägeblatt Durchmesser 1010 mm; Umdrehung/Min. 6,06; Schnittgeschwindigkeit 19,2 mm/Min.; Vorschub max. 44,5 mm/Min., min. 6,35 mm/Min.; Hub 950 mm; größte Schnitte T N.P. 55.

Fräsen und Fräsmaschinen. Um ein genaues Ablängen von Stäben, insbesondere Druckstäben, zu erzielen, wird vielfach das eine Kopfende abgesägt, während die andere Stirnfläche abgefräst wird. Bei Stäben aus mehreren Konstruktionselementen werden gleich abzulängende Streifen und Winkel vorher mit Hilfslöchern versehen und miteinander verschraubt zur Säge oder Fräsmaschine gebracht. Durch dieses Verfahren ist ein gleiches Ablängen der Teilstücke und Ersparnis an Arbeitskräften gewährleistet.

Bei Werkstücken von geringem Querschnitt sind Stirnfräser mit Flachmesserkopf und achsialem Vorschub, bei größeren Querschnitten sind Außenmesser, die an dem Umfang des Fräskopfes sitzen, mit Vorschub senkrecht zur Fräskopfachse üblich. Gefräst wird meistens mit eingesetzten Messern aus Schnellstahl, die in den Werkstätten geschliffen werden. Text-Abb. 10 zeigt eine von der Verkaufsgemeinschaft Klingelhöffer-Defries gebaute Stirnflächenfräsmaschine mit Riemenantrieb, Flachmesserkopf und achsialem Vorschub abgebildet.

Hobeln und Hobelmaschinen. Die Hobelmaschinen mit Tischbewegung sind durch die Fräsmaschinen verdrängt worden und sind nur noch wenig, z. B. für die Nacharbeiten bei kleinen Knotenblechen, im Gebrauch. Dagegen sind Blechkantenhobelmaschinen mit Doppelschlitten zum Nacharbeiten der Scherenschnitte von großen Knotenblechen, Stehblechen und Deckblechen, Universaleisen in den meisten Werken anzutreffen. Der Antrieb erfolgt bei leichten Maschinen durch Riemenantrieb, bei schweren durch Einzelmotor; die Festspannung bei den ersteren durch Handschrauben, bei den letzteren durch Druckwasser und mit Handschrauben. Doppelschlitten ist vorhanden, um je einen Meißel beim Hin- und Rückgang ausnutzen zu können. Bei großen Blechkantenhobelmaschinen etwa von 10 m Länge ab sind bisweilen je zwei Meißel für den Hin- und Rückgang vorhanden und zumeist auch ein vom Schlitten getragener Fahrstuhl für den Hobler, der den Vorschub des Meißels, z. B. bei gekrümmten Blechen, von hier aus regeln kann.

In Text-Abb. 11 ist eine Blechkantenhobelmaschine von Wagner u. Ko., Dortmund, wie sie sich in verschiedenen Brückenbauanstalten vorfindet, abgebildet. Die Festspannvorrichtung geschieht durch Druckwasser, der Antrieb durch Motor. Die Schnittgeschwindigkeit beträgt rd. 130 mm/Sek. bei einem Spannquerschnitt von etwa 30 qmm.

Stanzen und Bohren.

Die Stanzarbeit leisten zumeist Exzenter und Druckwasser-Lochmaschinen. Vielfach sind sie mit einer Schere vereinigt. Die Normalbedingungen für die Lieferung von

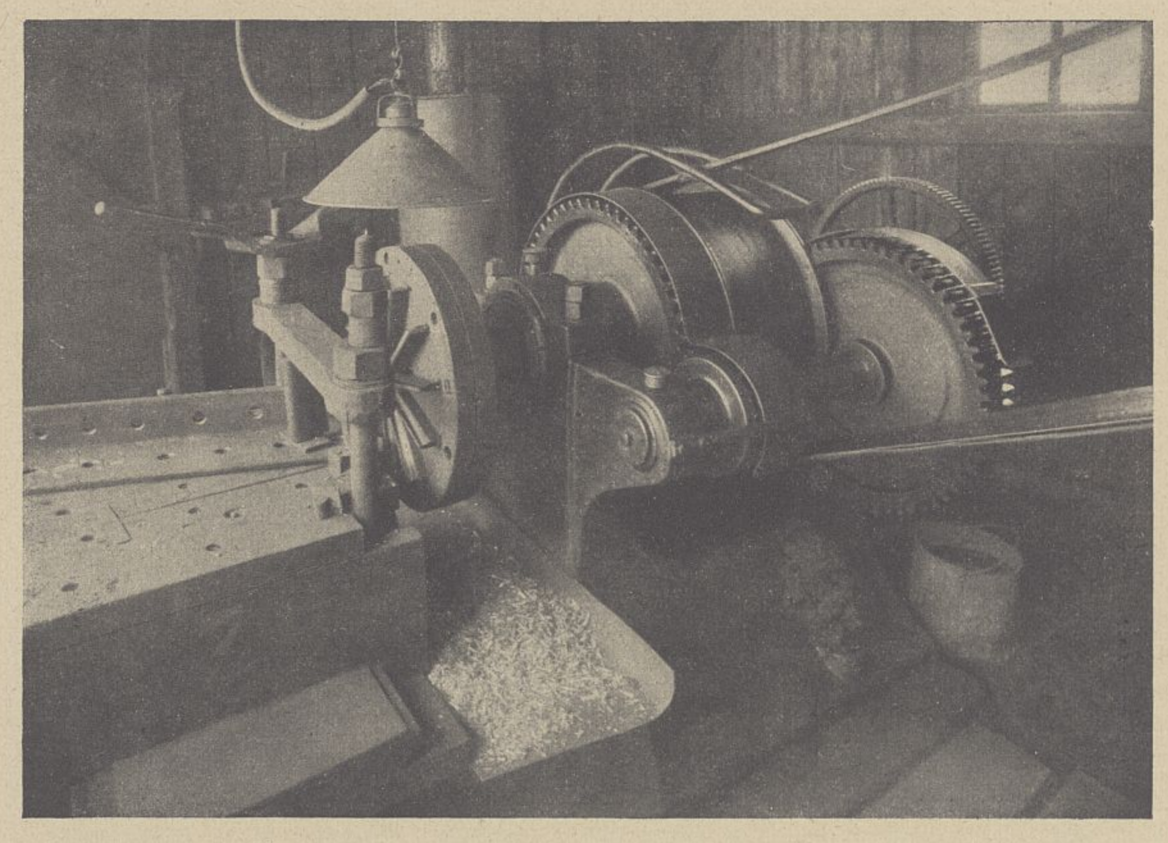


Abb. 10. Kopffräser der Verkaufsgemeinschaft Klingelhöffer-Defries, aus der Eisenbauanstalt August Klönne, Dortmund.

Eisenkonstruktionen schreiben vor, daß alle Schrauben und Nietlöcher mit Ausnahme derjenigen der Futterplatten, die gelocht werden dürfen, gebohrt werden müssen. Die Stanzarbeit kommt also in deutschen Brückenbauanstalten im allgemeinen selten vor. Nur bei leichten Konstruktionen für Hochbau, Bauträger und Auslandskonstruktionen ist sie zugelassen. Viel Raum, den größten Zeitaufwand, zahlreiche und geschulte Arbeitskräfte, die meisten und leistungsfähige Maschinen beanspruchen von allen Arbeiten in den deutschen Eisenbauwerkstätten die Bohrarbeiten. Sie stellen deshalb gewissermaßen den Schwerpunkt der Arbeitsvorgänge dar.

In anderen Ländern, besonders in den Vereinigten Staaten von Nordamerika, die die deutsche Erzeugung an Eisenkonstruktionen nicht unwesentlich an Masse übertreffen, ist dem nicht so (vgl. Reißner, Amerikan. Eisenbauwerkstätten). Hier leisten die Stanzen die schnellere und billigere Hauptarbeit für die Herstellung der Nietlöcher, und ein Stanzen bis 18 mm Durchmesser mit oder ohne Aufreiben wird allgemein für ausreichend gehalten. Durch das Stanzen werden durch die Schub- und Biegekräfte im Stoffgefüge Veränderungen hervorgerufen, die je nach der Härte und Stärke des Baustoffes mehr oder weniger deutlich in Erscheinung treten. Die Innenwandung der Löcher ist rauh und mit Absätzen versehen. Der Stoff erleidet wie bei Scherenschnitten in der Richtung des einwirkenden Stempels eine geringe Verbiegung. Bisweilen treten feine Risse in Erscheinung. Der Stoff erfährt also bei den Stanzlöchern eine Einbuße an Festigkeit. Ein nachträgliches Aufreiben von einigen Millimetern vermag diese Stoffverschlechterung nicht völlig auszugleichen. Unsere Werke leisten deshalb durch das Bohrverfahren zweifelsohne eine Arbeit, die die des Auslandes an Güte wesentlich übertrifft. Trotzdem dürfte sich empfehlen, der Frage näherzutreten, ob nicht eine Erleichterung der bestehenden Bestimmungen eintreten könnte, schon allein, um durch einen weiteren Ausbau der Stanzarbeiten und Maschinen in unseren Eisenbauanstalten (vgl. Reißner, Amerikan. Eisenbauwerkstätten) unsere deutschen Eisenbau-

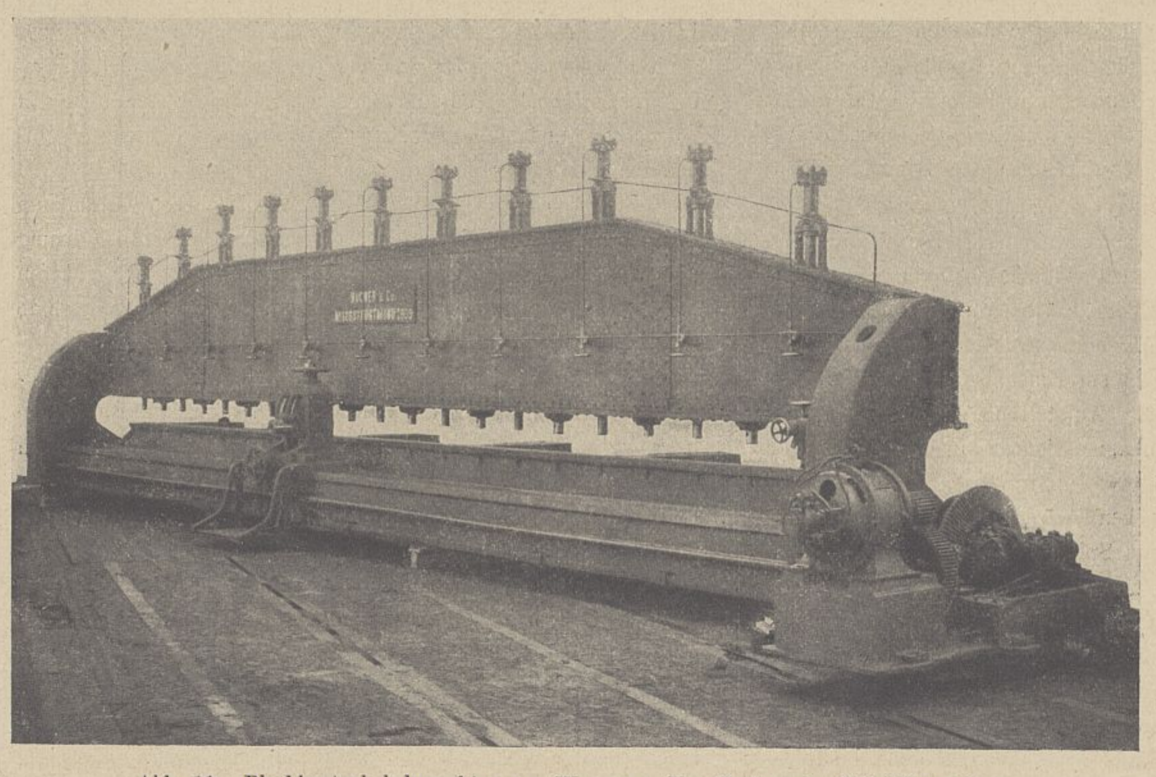


Abb. 11. Blechkantenhobelmaschine von Wagner u. Ko., Dortmund. Hobellänge 10 m.

werke dem Ausland gegenüber wettbewerbfähiger zu gestalten. Einer verminderten Festigkeit der Nietlöcher könnte durch einen verhältnismäßigen Zuschlag an Stärke der verwendeten Bleche und Profile, so wie es bereits anderweitig üblich ist, Rechnung getragen werden. Dieser Zuschlag würde wirtschaftlich, im Verhältnis zu den Kosten der Bohrarbeit, nicht allzusehr ins Gewicht fallen und in Verbindung mit nachträglichem Aufreiben und Nieten mit Pressen, die die Löcher durch Stauchung des Nietes völlig ausfüllen, im allgemeinen einwandfreie Lieferungen von leichteren Konstruktionen gewährleisten.

Die Bohrarbeit wird geleistet durch Bohrmaschinen mit unbeweglicher Spindellagerung, durch Bohrmaschinen mit beweglicher Spindellagerung, nämlich Radialwandbohrmaschinen, Radialstandbohrmaschinen und Gelenkbohrmaschinen und durch versetzbare Bohrmaschinen, wie Ständerbohrmaschinen, Pendelbohrmaschinen, Kranbohrmaschinen, elektrische und Druckluft-Handbohr- und Aufreibemaschinen.

Gebohrt wird meistens mit dem Spitzbohrer und Spiralbohrer. Der Spitzbohrer besteht aus Werkzeugstahl. Seine Vorzüge sind billiges Herstellen und leichtes Schleifen in der Werkstatt, seine Nachteile leichtes Verlaufen. Er wird deshalb bei einzelnen Konstruktionselementen, hauptsächlich bei Profilen wie U, I, T gebraucht, die sich meistens miteinander verschraubt nicht bohren lassen. Vielfach werden, um Arbeit, Zeit, Kraft, Weg und Raum zu sparen, Bleche und Gurtwinkel, bevor sie gebohrt werden, miteinander verspannt und zusammen gebohrt. Zu diesem Zwecke werden zunächst Hilfslöcher mit etwa 8 mm kleinerem Durchmesser als die Nietlöcher gebohrt, mit deren Hilfe durch Verschrauben Blechpakete von 60 bis 80 mm Dicke gebildet werden. In diesen Fällen wird mit dem Spiralbohrer gebohrt. Er besteht aus Werkzeugstahl, meistens aber aus Schnelllaufstahl. Er besitzt gegenüber dem Spitzbohrer als Vorzüge den günstigen Schneidewinkel, gute Führung, leichtes schraubenförmiges Eindringen, sicheres und leichtes Entfernen der Bohrspäne durch die gewundenen Nuten und deshalb große Leistungsfähigkeit. Seine Nachteile sind der schwierige Schliff, der nur auf Spiralbohrerschleifmaschinen erfolgen kann, und der teure Preis. Eine gute Führung des Bohrers ist nur bei fester Aufstellung der Bohrmaschinen möglich.

Feststehende Bohrmaschinen. Die Wandbohrmaschinen sind deshalb in den Wänden fest verankert oder an den Eisenkonstruktionen der Hallen durch starke Eisenbänder befestigt. Derartige Eisenkonstruktionen müssen indes genügend Masse besitzen, da sie sonst beim Bohren leicht mitschwingen. Eine bessere Aufstellung ermöglichen die Standbohrmaschinen; sie nehmen jedoch in der Werkstatt Platz weg.

Bei leichten Werkstücken wird im allgemeinen mit Maschinen mit unbeweglicher Spindellagerung gebohrt. Das Werkstück wird in diesem Falle verschoben.

Bei schwer zu bewegenden Stücken kommen Radialwand- oder Standbohrmaschinen zur Verwendung. Die Radialbohrmaschinen (Abb. 6 u. 7 Bl. 24 und Text-Abb. 12) ermöglichen eine bessere Ausnutzung der Arbeitskraft, wenn sie in Gruppen aufgestellt sind. Ein Arbeiter kann dann mehrere Maschinen zu gleicher Zeit bedienen und die Gruppen vermögen mit ihren Bohrspindeln Blechpakete beliebiger Ausdehnung zu bestreichen, so daß sich jedes Verschieben des Werkstückes während des Bohrens erübrigt. Als günstiger Abstand der Maschinen in Gruppen hat sich erfahrungsgemäß die Länge der Ausladung gezeigt. Beim Bohren von Profileisen kann ein Mann im allgemeinen zwei, beim Bohren von zusammengespannten Blechen drei Maschinen bedienen.

Versetzbare Bohrmaschinen. Die Radialbohrmaschinen werden auch für die Arbeiten auf der Zulage fahrbar gebaut. Die von Collet u. Engelhardt gelieferten Maschinen (Abb. 4 u. 5 Bl. 23) haben sich in der Brückenbauanstalt Flender bewährt. Auf Gleisen oder mit dem Brückenkran wird die Maschine zur Zulage gebracht. Der Ausleger von 1,50 m Länge bestreicht eine große Fläche, so daß ein häufiger Platzwechsel nicht in Frage kommt. Ein Mann vermag in günstigen Fällen zwei Maschinen zu bedienen. Die verstellbare Spindel ermöglicht zugleich ein Bohren der senkrechten Nietlöcher auf der Zulage.

Die Pendelbohrmaschinen (Abb. 10 Bl. 23) dienen gleichfalls der Bohrarbeit auf der Zulage. Sie werden, damit die Arbeitsleistung der Maschine und des Bohrarbeiters ausgenützt werden kann, zweckmäßig am Krane aufgehängt.

Schnellere Bohrarbeit wird auf der Zulage mit den Kranbohrmaschinen geleistet. Mit ihnen werden große Flächen bestrichen, ein Arbeiter kann mehrere Maschinen bedienen, die lotrechte Bewegung des Auslegers ist den größten vorkommenden Gurthöhen von Brücken angepaßt und beträgt 1 bis 1,20 m. Zweckmäßig sind mehrere hintereinander geschaltete Kranbohranlagen, die die Inangriffnahme der Bohrarbeiten an verschiedenen Punkten der zugelegten Konstruktionen ermöglichen. Abb. 6 bis 9 Bl. 23 zeigt eine Kranbohrmaschinenanlage, wie sie beim Bohren nach dem Zulegeverfahren üblich ist und z. B. in der Südwerkstatt von Gustavsburg, in der Werkstatt von Hilgers, Rheinbrohl, in der Gutehoffnungshütte, in der Tillmanschen Eisenbauanstalt Düsseldorf, in den Werkstätten der Akt.-Ges. R. Ph. Wagner, L. und I. Biro, U. A. Kurz, Hirschstetten bei Wien und Graz, ferner auch bei der Società Italiana per construzioni in ferro e gasometri, Bollate bei Mailand, besteht. Die Anlagen sind mit Ausnahme der beiden ersten von E. Hettner, Werkzeugmaschinenfabrik, Münstereifel geliefert.

Elektrische und Druckluft-Handbohrmaschinen werden zum Bohren nur in Ausnahmefällen verwendet. Eine gute Führung dieser Maschinen durch den Bohrarbeiter ist bei größeren Bohrlöchern schwer und anstrengend. Sie werden deshalb meist zu Aufreibezwecken vor dem Nieten benutzt.

Zulegen und Zulagen. Geräumige, hohe, gut belichtete und mit Förderanlagen reichlich ausgestattete Räume beanspruchen die Zulegearbeiten. Für sie sind vielfach die großen Mittelhallen der Werkstätten z. B. bei der Gutehoffnungshütte und Union (Abb. 1 u. 4 Bl. 24 u. Abb. 4 bis 8 Bl. 27) vorbehalten. Die Zulagegerüste bestehen meistens aus gut gegründeten Eisenböcken, auf denen Eisenbahnschinen ruhen, die mit der Wasserwage oder dem Nivellierinstrument sorgfältig wagerecht ausgerichtet sind. Die Normalbedingungen schreiben ein Zusammenpassen der Konstruktionsteile vor; denn vorhandene Mängel stellen sich beim Zulegen heraus und werden zweckmäßig in der Werkstatt, wo alle Arbeitsmaschinen zur Stelle sind, und nicht auf dem Bauplatz beseitigt. Von schweren

Brücken, besonders von solchen, die frei und ohne Gerüst aufgebaut werden sollen, werden möglichst ganze oder halbe Ober- und Untergurthälften in der Werkstatt zusammengepaßt. Text-Abb. 16 zeigt die Zulage eines Obergurtteiles der Hohenzollernbrücke in Köln auf dem Lager- und Arbeitsplatz der Eisenbauwerkstätte von August Klönne. Die Zulage eines Teiles der gleichen Brücke des Überbaues der rechtsseitigen Mittelöffnung mit einer Spannweite von 122 m in der Werkstatt von Flender ist in Text-Abb. 15 dargestellt.

Nach dem Bohren werden die Konstruktionsteile von allem anhaftenden Schmutz, Span und Rost durch Abreiben

Abb. 12. Radialstand-Bohrmaschine von der Verkaufsgemeinschaft Klingelhöffer-Defries aus der Eisenbauanstalt August Klonne, Dortmund.

mit Drahtbürsten von Hand oder maschinenmäßig oder durch Beizen gereinigt und dann mit heißem Leinölfirnis mit Zinkweißzusatz überstrichen. Die Konstruktionsteile, die vor dem Zulegen genietet werden, erhalten nunmehr ihren ersten Farbanstrich, damit die noch flüssige Farbe durch das Verspannen und Vernieten in alle Fugen und Ritzen hineingepreßt wird und den späteren Zutritt von Luft und Wasser hemmt.

Nieten und Nietmaschinen. Vor dem Nieten werden die Bohrlöcher, die einzeln gebohrt wurden, aufgerieben. Das Nieten erfolgt, um unnötige Wege zu vermeiden, auf der Zulage oder dicht bei derselben. Zweierlei Verfahren sind üblich, das Nieten mit Pressen und mit Hämmern. Reihennietungen werden vorwiegend mit Pressen vorgenommen. Die Schrauben der miteinander fest verspannten Konstruktionsteile werden erst einzeln während des Nietens gelöst, um zu vermeiden, daß Grat zwischen die Fugen dringt. Üblich sind Druckluft-, elektrische und Druckwasserpressen. Die letzteren haben vor den Druckluftpressen den Vorzug des gleichmäßigen Nietdruckes, der etwa bis 100 t beträgt. Von den Druckluftpressen werden Kniehebelpressen verwandt, bei denen der Schließdruck am größten ist und sich etwa zwischen 45 bis 90 t bewegt. Eine Einstellung der Döpperentfernung durch Verschrauben der Spindel hat bei den Kniehebelpressen bei jeder neuen Blechstärke zu erfolgen (vgl. Text-Abb. 14). Elektrische Pressen sind seltener im Gebrauch. Für die mit Pressen schwer zu erreichenden und die zerstreut sitzenden Nieten bleibt in seltenen Fällen die Nietung von Hand, meist die Druckluftnietung mit Hämmern vorbehalten. Die üblichen Gegenhalter sind Nietwinden und Luftgegenhalter. Letztere haben den Vorzug der einfachen und schnellen Handhabung, aber den Nachteil, daß das Luftpolster unter dem Kolben beim Aufschlagen der Hämmer nachgibt. Nietfeuer mit Fußbetrieb sind seltener anzutreffen. Die Luftzufuhr erfolgt meistens von der Druckluftleitung aus.

2. Anlagen und Arbeitsweisen einzelner Werke.

Steffens u. Nölle A.-G.

(Vgl. Text-Abb. 13.)

Allgemeine Lage des Werkes. Die erst 1893 gegründete Handelsgesellschaft Steffens u. Nölle, Berlin-Tempelhof, seit 1907 A.-G., betätigte sich ursprünglich nur im Eisenhandel und in Eisenhochbaukonstruktionen, nahm aber später als weitere Fabrikationszweige Brücken- und Kranbau und die Herstellung von Förder- und Aufbereitungsanlagen für den Bergbau in ihren Betrieben auf. Die Anlagen auf dem Tempelhofer Felde wurden 1905 von der Baufirma Havestadt u. Contag, Wilmersdorf-Berlin, erbaut. Ein Zweiggeschäft in Essen unterstützt die Firma im Westen Deutschlands.

Von dem etwa 10,50 ha großen Grundstück ist etwa $^1/_5$ überbaut. Seine längste Seite liegt am Teltowkanal, der hier zum Werkhafen, der gleichzeitig 3 bis 4 Schiffen Platz bietet, verbreitert ist. Die Gleisanlage des Werkes ist an den Güterbahnhof Tempelhof an der Bahn Neukölln-Mittenwalde angeschlossen.

Lagerplätze und Hallen. Der ausgedehnte Träger- und Eisenhandel der A.-G hat wegen der bedeutenden Entfernung der Anlagen von den Walzwerken der deutschen Industriebezirke die Schaffung umfangreicher Lagerplätze erforderlich gemacht. Während der Trägerlagerplatz unüberdacht ist, lagern die Bleche und Stabeisen in einer etwa 200 m langen und 35 m breiten Halle. Die 150 m lange

und 50 m breite dreischiffige Hauptwerkstatt für Eisenkonstruktionen liegt im Süden dieser Lagerhalle. Ihr Mittelschiff hat Stufendach mit beiderseitiger, durchgehender Verglasung. Die Seitenschiffe zeigen durchgehende, rund 25 m hohe Seitenfenster unter der Traufe. An den Westgiebel der Haupthalle lehnt sich die Schmiede. Eine an der Nordseite offene Zulagehalle im Süden der Hauptwerkstatt, eine ebenfalls an einer Seite offenen Werkstatt für die Bearbeitung der Bauträger, die Richtzeughalle und die ganz im Süden des Werkes gelegenen Hallen für Kranbau stellen die übrigen Werkstätten der Anlage dar. Das Hauptbureau liegt im Osten beim Haupteingang des Werkes; die Abteilungs- und Werkstättenbureaus sind als Kopfbauten den zugehörigen Werkstätten vorgelagert.

Förderanlagen. Für die Beförderung von den Schiffen auf die Lagerplätze sind zwei elektrisch betriebene Drehkrane mit feststehender Säule von 5 t Tragkraft, 21 m Ausladung und 20 m Hubhöhe bestimmt. Ihre Arbeitsgeschwindigkeiten sind: Heben 20 m/Min., Katzenfahren 60 m/Min., Drehen (am Halbmesser von 21 m gemessen) 90 m/Min. Die auf Eisenbahnwagen ankommenden Eisen verladet ein elektrischer 5 t-Laufdrehkran von 21,20 m Spannweite und 7,80 m Ausladung, der auf 300 m langer Kranbahn eine Fläche von etwa 315·38 m bestreicht. Seine Arbeitsgeschwindigkeiten sind: Heben 20, Drehen (am Lasthaken gemessen) 90, Katzenfahren 70, Kranfahren 140 und 70 m/Min. Außer diesen Kranen stehen auf den Lagerplätzen zahlreiche von Hand bediente Bockkrane und auf den Normalspurgleisen eine Borsigsche Kranlokomotive von 3 t und ein fahrbarer Dampfdrehkran von 5 t Tragkraft zur Verfügung. Das Ladegeschäft an der Blech- und Stabeisenlagerhalle aus den Eisenbahnwagen geschieht unter einem vorgekragten Schutzdach. Für die Materialbewegung in der Haupteisenbauwerkstatt stehen vom Führerkorb aus bedient im Mittelschiff zwei Laufkrane von 7,5 und 10 t Tragfähigkeit, in den Seitenhallen je ein Zweiradkran von 2,5 t Tragfähigkeit zur Verfügung.

Maschinenausstattung und Aufstellung. Von der elektrischen Kraftwerk Zehlendorf aus erhält das Werk seine Betriebskraft, die als Drehstrom von 6000 Volt Spannung den Umformern zugeführt und in 220 Volt Spannung für Kraft und 110 Volt Spannung für Licht umgeformt wird. Die Bauträger werden in einer an einer Seite offenen Halle mit Stufendach und zweiseitiger, durchgehender Lichtzuführung beim Trägerlagerplatz verarbeitet. Hier stehen außer einer Klinkmaschine und zwei Kaltsägen, drei Stanzen und eine Radialbohrmaschine, auf dem Lagerplatz vier Trägerschneidemaschinen. Eine Trägerbiegepresse ist vor der Schmiede aufgestellt; in der Schmiede ein Fallhammer, zwei Friktionspressen und zwei Schraubenschneidemaschinen. Die Haupteisenbauwerkstatt ist mit einer Blechrichtmaschine für Bleche bis 20 mm Dicke, mehreren Planfräsern, sechs Pendel- und drei Spindelsägen, zwei Blechkantenhobelmaschinen, eine mit 4 m und die andere mit 12 m Schnittlänge, sechs Stanzen und 20 Radialbohrmaschinen ausgestattet. Außerdem sind hier mehrere Drehbänke und Schmirgelscheiben aufgestellt. Genietet wird mit Lufthämmern und -pressen. Der Kompressor leistet 12 cbm Saugluft in der Minute. Größere Löcher in Blechen und einspringende Ecken werden autogen geschnitten.

Gutehoffnungshütte. (Vgl. Abb. 1 bis 5 Bl. 24.)

Gesamtanlage. Die Eisenbauabteilung der A.-G. Gutehoffnungshütte in Sterkrade besteht seit dem Jahre 1863. Die Hauptwerkstatt, eine 48 m breite und 225 m lange, dreischiffige Halle, wurde 1893 erbaut. Ihr mittlerer Teil ist hauptsächlich für die Zulage bestimmt. Die Arbeitsmaschinen sind vorwiegend in den Seitenhallen und in der sich an die Haupthalle anlehnenden Richterei, die zugleich die Schmiede birgt, untergebracht. An die Richterei schließen sich der älteste Teil der Eisenbauwerkstatt, eine kleinere dreischiffige Halle aus dem Jahre 1864 und die Bureaus an.

Bauart der Hallen. Die Haupthalle erhält ihr Tageslicht durch aufgesetzte dreieckige Dachreiter in 11 m Abstand und durchgehende Seitenverglasung unter der Traufe; die beiden Seitenschiffe durch Dachreiter in gleichem Abstand und durchgehende, 3 m über dem Boden befindliche, 1,70 m hohe Seitenfenster. Der Entlüftung der Haupthalle dient eine in der Firstlinie des Daches laufende Entlüftungslaterne. Die Dachbinder der Mittel- und nordöstlichen 1,45 m breiten Seitenhalle zeigen Kreissegmentform mit geradem Untergurt und eine Dachhaut aus Kalkgipsputz, der nach einem im Werk selbst ausgebildeten Verfahren hergestellt wird und zwei Vorzüge: geringe Wärmeleitungsfähigkeit und leichtes Gewicht aufweist. Die Umfassungswände bestehen aus Eisen-

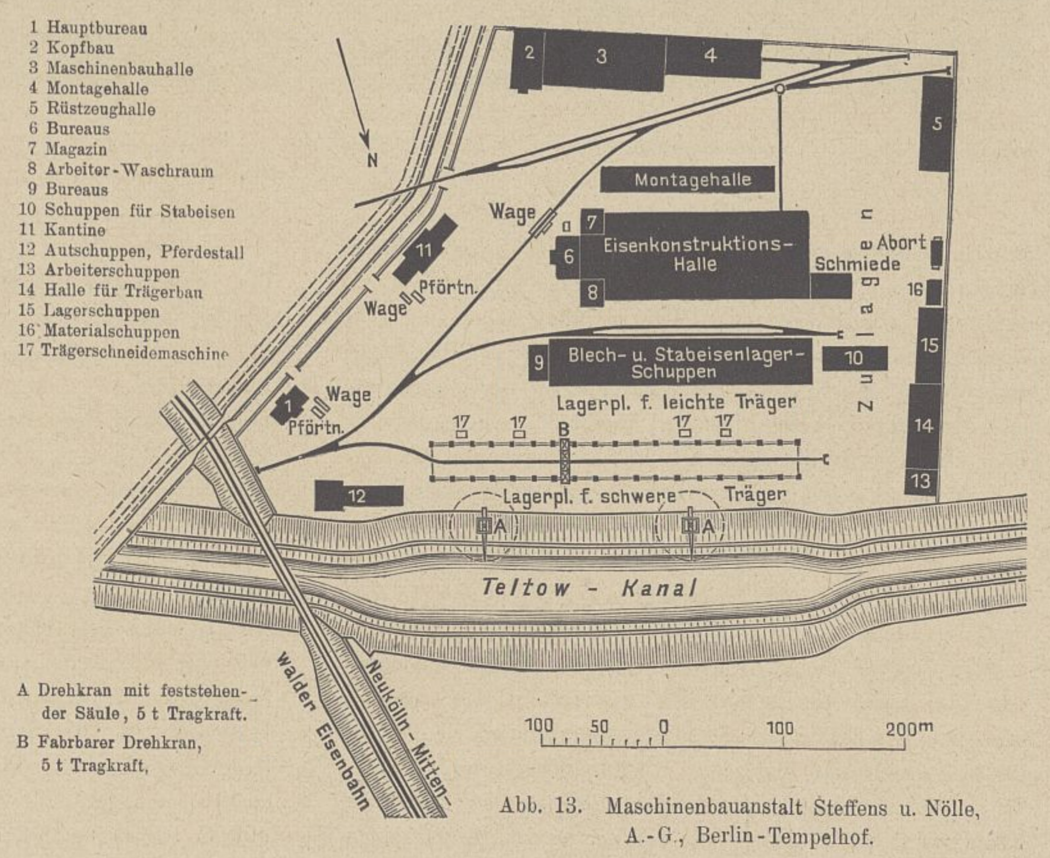


Abb. 13. Maschinenbauanstalt Steffens u. Nölle, A.-G., Berlin-Tempelhof.

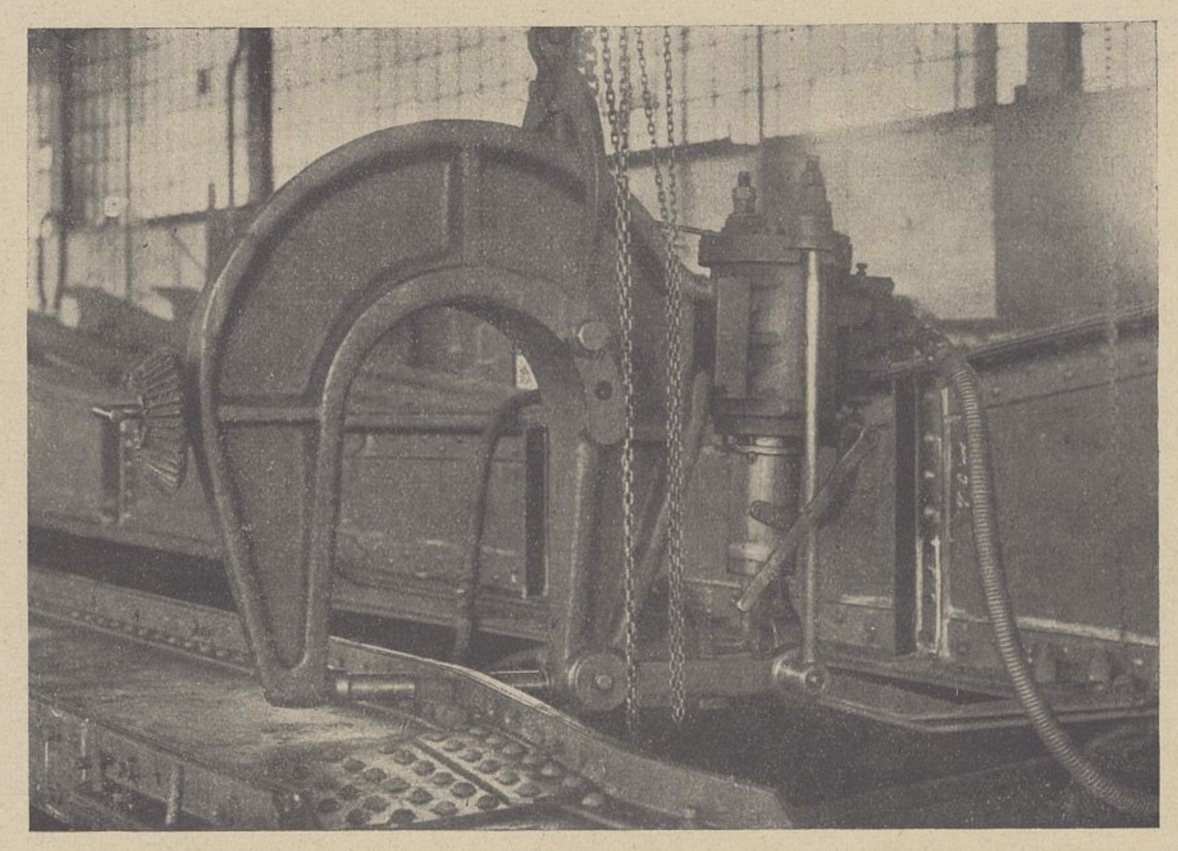


Abb. 14. Druckluft-Kleinhebelpresse von Pocorny u. Wittekind, Frankfurt a. M., aus der Brückenbauanstalt August Klönne, Dortmund.

fachwerk mit $^1/_2$ Stein starker Ziegelausfüllung. Eine neue Montagehalle, die eine Länge von 160 m und eine Breite von 13 m erhalten und von zwei 10 t-Kranen bedient werden soll, befindet sich augenblicklich im Bau.

Anschlußgleise. Die Gebäudegruppe für Eisenbau wird von Normalspurgleisen, in die eine dritte Schiene für Schmalspurwagen und Lokomotiven eingebaut ist, umsäumt. Der Anfuhr der Rohstoffe dient das auf den Lagerplatz vor der Richterei führende Gleis, während die Abfuhr der Fertigware auf dem aus dem Mittelschiff der Hauptwerkstatt ausmündenden Normalspurgleis erfolgt. Die gesamte Gleisanlage der Hütte steht mit dem Sammelbahnhof Frintrop in Verbindung.

Förderanlagen und Arbeitswege in der Werkstatt. Die Beförderung des Rohstoffes vom Lagerplatz in die Richterei und aus der Richterei in die Haupthalle geht auf Schmalspurgleisen von 688 mm Spurweite vor sich. Die Wagen werden je nach der Schwere der Stücke von Hand geschoben oder durch zwei elektrisch betriebene Spille von 500 und 600 kg Zugkraft in die Werkstatt gezogen. Zwei Förderwege von der Richthalle in die Haupthalle sind hier zu unterscheiden: der der Profileisen und kleineren Bleche, die aus der Richterei auf einem etwa in der Mitte der Richthalle befindlichen Quergleis in die Haupthalle gelangen, und der der Universaleisen und größeren Bleche, die auf ihrem Wege zur Haupthalle die Kopf- und Langhobelmaschinen berühren und auf einem zweiten Quergleis am Nordostende der Richterei in den nordöstlichen Teil der Haupthalle geschoben werden. Auf diesen beiden Quergleisen und dem zur Hallenachse senkrechten Gleis, das am Südwestende der Richterei in die Hauptwerkstatt eintritt, geht die Querbewegung in der Hauptwerkstatt und die Beförderung zu den Zulagen im Freien an der Südostseite der Haupthalle vor sich. Die Längsförderung in den Seitenschiffen der Hauptwerkstatt wird durch Handwagen auf je zwei Schmalspurgleisen besorgt, die mit den Quergleisen durch Drehscheiben oder Schiebebühnen in Verbindung stehen. Die Schiebebühnen (Abb. 2 Bl. 24) sind ohne Laufgruben angelegt. Ihre Längsträger, 1,80 cm starke Bleche, laufen versenkt in Schlitzen. Die Oberkante der Bühnengleise liegt nur 3 cm über der Oberkante der Fahrschienen. Für die Bewegung leichterer Stücke in der Längsrichtung ist außerdem in der nordwestlichen Seitenhalle eine Hängebahn vorhanden. Ihre Laufbahn, die aus zwei durch einen Schlitz getrennten Winkeleisen besteht und an Tragbändern, die von den Dachbindern gestützt werden, aufgehängt ist, zeigt zwei durch Drehscheiben miteinander verbundene Abzweigungen, die jedoch wenig mehr benutzt werden. In dem Mittelschiff der Hauptwerkstatt wird die Längsförderung durch ein Gleis in der Hallenmitte, hauptsächlich aber durch zwei Krane von 10,5 t Tragfähigkeit vermittelt. Der eine zeigt 5,60 m Lasthakenhöhe, 60 m/Min. Brückengeschwindigkeit, 30 m/Min. Katzengeschwindigkeit, 5,40 m/Min. Hubgeschwindigkeit und einen 20 PS-Motor. Der andere ist ein Dreimotorenkran mit einem Brückenmotor von 12 PS, Katzenmotor von 5 PS und Hubmotor von 20 PS, Lasthakenhöhe 5,10 m, Brückengeschwindigkeit 80 m/Min., Katzengeschwindigkeit 30 m/Min. und Hubgeschwindigkeit 5,40 m/Min.

Maschinenanlagen. Das elektrische Kraftwerk im Norden der Brückenbauanlagen speist zugleich mit der Maschinenbauabteilung der Hütte die Eisenbauanlagen mit Licht und Kraft. Die Kraftübertragung erfolgt gruppenweise und einzeln. Fast alle schweren Arbeitsmaschinen zeigen Einzelantrieb.

Maschinenausstattung. — Richtmaschinen. Sechs Blechrichtwalzen; darunter Blechwalze von E. Schieß, Düsseldorf: vier obere, drei untere Walzen, Walzendurchmesser: 700 mm. Leistung: Bleche von 25 · 2500 mm. Walzenantrieb 46 PS-Motor. Walzenheben von Hand.

Blechrichtwalze von der Verkaufsgemeinschaft Klingelhöffer-Defries. Walzendurchmesser: 250 mm; Leistung 1500 · 20 mm-Bleche.

Drei Exzenterpressen, zwei von E. Schieß, Düsseldorf: 36 Hübe in der Min.; 15 mm Exzentrizität; Transmissionsantrieb; Leistung **I** N.P. 24; eine von Wagner u. Ko., Dort-

mund; 30 Hübe i. d. Min.; 40 mm Hubhöhe; 16 PS-Motor; Leistung I N.P. 40; zwei wagerecht wirkende Druckwasserpressen: 120 t Druck.

Scheren und Stanzen. Vielfachschere von Weingarten, Stuttgart. Antrieb 6 PS-Motor. Leistung: Bleche 20 mm; Winkel 120·15; ⊥ 12·13; I N.P. 18; ∪ 45 mm Durchm.; □ 36 mm; ⊔ N.P. 18.

Vier Vielfachscheren von Oeking, Düsseldorf. Blechschere von Weingarten, Stuttgart. Kleine mit Stanze kombinierte Schere. Zwei Wasserdruckscheren von Bechem u. Keetmann; 160 t Druck, 800 mm Messerlänge. Große mit Schere verbundene Stanze von Bräuer, Schumacher u. Ko., Köln-Kalk. Leistung: Stanzen 26 mm Durchm., in 25 mm-Bleche. Schneiden 25 mm starke Bleche.

Hobelmaschinen. Sechs Blechkantenhobelmaschinen; Riemenantrieb, fünf mit doppeltem Werkzeugschlitten, geliefert von Bechem u. Keetmann. Durchschnittliche Schnittgeschwindigkeit 90 bis 95 mm i. d. Sek.; fünf mit 2 m H. L., eine mit 8 m H. L. Sieben Hobelmaschinen mit Tischbewegung.

Sägen. Neun Hebelsägen von Ehrhardt, Bräuer, Schumacher u. Ko. und Wagner-Dortmund mit etwa 600 mm Sägeblattdurchmesser, fünf Spindelsägen, darunter drei von Wagner-Reutlingen, für rechtwinklige und Gehrungsschnitte mit Sägeblattdurchmesser von 610 und 810 mm. Gesägt wird im allgemeinen mit Werkzeugstahl; bei den Sägen von Wagner-Reutlingen mit Sägeblättern aus eingesetzten Zähnen von Schnellaufstahl.

Bohrmaschinen. An den Wänden der Seitenschiffe der Haupthalle und in der alten Brückenbauanstalt zahlreiche Bohrmaschinen. Sie verrichten vorwiegend die Bohrarbeit an kleinen, leicht beweglichen und einzelnen Stücken.

Für Blechpakete und schwere Stücke sind nachstehende Gruppierungen in Gebrauch:

Radialbohrmaschinen. Zum Bohren einzelner, schwerer Stücke Radialbohrmaschinen, einzeln bei den Pfeilern des Mittelschiffes der Haupthalle aufgestellt. Eine Gruppe von vier Radialbohrmaschinen zum Bohren von Blechpaketen. 2,20 m Ausladung. Abstand gleich der Ausladung.

Schnellauf-Radialbohrmaschinen am Kran montiert. Vier Schnellauf-Radialbohrmaschinen an fahrbarem Bohrgerüst montiert, geliefert von Hettner-Münstereifel (vgl. Abb. 8 u. 9 Bl. 23), bestreichen eine Fläche von etwa 13·4 m. Die senkrechte Verstellbarkeit des Auslegers wird durch Verschiebung der Drehsäule in ihren Lagern bewirkt. Der Ausleger ist um die senkrechte Achse vollständig drehbar und wird durch Motor und Gegengewicht im Gleichgewicht gehalten. Spindeldurchmesser 70 mm; Ausladung 2000 mm.

Pendelbohrmaschinen (vgl. Abb. 10 Bl. 23). Drei beweglich aufgehängte Pendelbohrmaschinen von Karl Flohr-Berlin bestreichen einen Raum von 20·2,5 qm Grundfläche. Sie werden besonders zum Bohren von Blechpaketen benutzt. Ein Bügel aus Schmiedeeisen trägt einen hängend angebrachten $2^1/_2$ PS starken, gegen Staub eingekapselten Elektromotor, der mittels einer zweistufigen Scheibe auf die Antriebswelle der Bohrmaschine arbeitet. Die Bohrmaschine ist in einem Gußstück gelagert. Die Bohrspindel wird von der oberen Welle durch Kegelräder angetrieben und ist in einer Büchse gelagert, die durch Zahnstange und Zahntrieb gehoben und gesenkt werden kann. Der Hub der Spindel beträgt 200 mm. Das Heben geschieht von Hand, der Vorschub beim Bohren entweder von Hand durch Handrad oder selbsttätig durch doppelte Schneckenübersetzung. Die Maschine arbeitet mit Spiralbohrer aus Schnellarbeitsstahl. An Stelle des Bohrtisches tritt bei der Maschine ein Gegenhalter, der den Bohrdruck aufnimmt, indem er unter die zu bohrende Eisenkonstruktion greift. Der Gegenhalter ist mit Schrauben an den Bügel der Maschine angeschraubt und läßt sich in den dafür vorgesehenen Löchern höher und tiefer stellen und auch vollständig umdrehen. In ihrem Schwerpunkt ist die Maschine pendelnd aufgehängt und zwar derart, daß der Aufhängepunkt seitlich verschoben werden kann und somit auch schräge Löcher gebohrt werden können. Der Anlaßwiderstand ist an der Maschine selbst angebracht.

Aufreibemaschinen. An Druckluft-Aufreibemaschinen werden die von Pokorny u. Wittekind Größe II und die Little Giant-Maschinen Größe I benutzt. Die elektrischen Aufreibemaschinen sind z. T. im Werk selbst angefertigt, z. T. von der Verkaufsgemeinschaft Klingelhöffer-Defries und Heubach u. Ko.-Berlin geliefert worden. Sie sind an Laufkatzen montiert und werden vorwiegend in der Nieterei für schwere Stücke benutzt. Tourenzahl 120 bis 180 in der Minute.

Abgratmaschinen. Der Schleifscheibendurchmesser beträgt 1000 mm und 600 mm bei einer Breite der Scheibe von 200 und 160 mm. — Für besondere Fälle werden elektrische, versetzbare Schleifmaschinen von Heubach u. Ko.-Berlin mit $^1/_2$ und $^3/_4$ PS-Motor benutzt.

Nietmaschinen, Nietpressen. In der Nieterei eine feste und zwei bewegliche Druckwasserpressen von Haniel u. Lueg und Bräuer, Schumacher u. Ko. Die beweglichen hängen am Kran mit Kettenzug, wiegen 675 kg und haben 30 t Schließdruck; die festen 55 t.

Mehrere beweglich aufgehängte Luftpressen von Pokorny u. Wittekind-Frankfurt a. M. mit Kniehebelübersetzung, 65 t Schließdruck, 750 mm Maultiefe und 400 mm Maulweite.

Lufthämmer von Pokorny u. Wittekind: Größe 1, 2, 3, 4.

Schablonierverfahren in der Gutehoffnungshütte.

Die Arbeitsweisen beim Schablonierverfahren mögen an einem Beispiel erörtert werden.

Zehn gleiche eiserne Überbauten, Parallelträger, für die Flutöffnungen der Elbbrücke bei Barby, waren den Werkstätten der Gutehoffnungshütte zur Ausführung übertragen worden. Sie haben 33,76 m Stützweite (Abb. 8 u. 9 Bl. 24), ihre Gurte kastenförmige Querschnitte, der Obergurt Deckbleche; der Untergurt ist oben und unten offen.

Querbleche zur Aussteifung stehen zwischen den Stehblechen. Die kleinsten Querschnitte der Schrägen sind je zwei U-Eisen, die größten je zwei U-Eisen vermehrt um zwei Beibleche. Die Aussteifung der Schrägen erfolgte in ihrer Mitte und bei den Knotenblechen durch Verbindungsbleche. Die Querschnitte der Pfosten bestehen aus einem Stehblech, umsäumt von vier Winkeleisen.

Für die Reihenfolge der Arbeitsabschnitte in der Werkstatt waren maßgebend die Anfuhr der Walzeisen vom Walzwerk, die möglichste Ausnutzung der Maschinen und die zweckmäßigste Beschäftigung der Arbeiter.

Gurte. Die Knotenbleche, die nach der Skizze vom Walzwerk bestellt worden waren, kamen ziemlich genau

geschnitten an. Nach dem Richten wurden eins oder, wenn es der schnellere Fortschritt verlangte, auch mehrere Bleche einer jeden Position in der Zulagehalle vorgezeichnet. Je eins dieser Bleche wurde mit mehreren anderen Blechen der gleichen Position zu einem Paket von rund 50 bis 60 mm Dicke verspannt und gebohrt. Die gebohrten Bleche dienten, nachdem sie geschnitten und gehobelt waren, nunmehr als Bohr- und Umrißschablonen für die übrigen Knotenbleche der gleichen Position.

Steh- und Deckbleche und ihre Laschen wurden nach gleichem Verfahren bearbeitet.

Gurtwinkel wurden, wenn es nicht einfacher war, sie einzeln vorzuzeichnen, auf die Platten gespannt und erhielten ihre Nietteilung durch Durchkörnen.

Die Winkellaschen wurden vor dem Durchkörnen auf die vorher zusammengepaßten Stöße gespannt.

Kastenaussteifung. Die Querbleche für die Kastenaussteifungen erfuhren die Behandlung der Bleche und dienten den Winkeln der Aussteifung als Bohr- und Längenschablonen.

Schrägstäbe. Bei dem größten Querschnitt der Schrägstäbe wurde das innenliegende Blech zunächst vorgezeichnet, mit dem zweiten und dem U-Eisen verspannt und durch die drei Teile gebohrt. Das vorgezeichnete Blech gab zugleich aber auch die Schablone für die Nietteilung in der Flanschebene der U-Eisen ab, wie sie für Verbindungsbleche und Anschlußwinkel an die Knotenbleche erforderlich war. Die Übertragung geschah durch Überwinkeln. Bei den kleinsten Querschnitten der Schrägen wurde jedes U-Eisen für sich vorgezeichnet. Die Verbindungsbleche wurden wie die übrigen Bleche bearbeitet. Die Anschlußwinkel der Schrägstäbe wurden einzeln vorgezeichnet.

Pfosten. Bei Stehblech und Winkeln der Pfosten ging man in der Ebene des Stehbleches in bekannter Weise vor, indem ein Stehblech vorgezeichnet wurde und die Schablone für die Bleche der gleichen Position und die umsäumenden Winkel abgab. Anders verfuhr man mit den Anschlußlöchern der Ständer in der freien Winkelflanschebene an die Stehbleche der Gurte und an die Knotenbleche. Hier diente eine besondere Eisenschablone für jede Position.

Zwecks genauen Anschlusses der Ständer an die innere Blechhaut der Gurte wurde erst nach dem Zusammennieten des Stehbleches mit den umsäumenden Winkeln das eine Ende abgesägt, das andere gefräst.

Nieten. Nach dem Bohren wurden die einzelnen Stücke auf der Zulage gereinigt, gestrichen und mit Hilfe von Dornen und Schrauben zu nietfertigen Stücken zusammengepaßt, die mittels der Krane, Wagen und Schiebebühnen in die Nieterei gebracht wurden. Hier wurden die Nietlöcher, die vorher sämtlich etwa ein Millimeter kleiner, als es der Durchmesser der Werkstattzeichnungen erforderte, gebohrt worden waren, aufgerieben. Genietet wurde z. T. auf den Förderwagen. Bei einem doppelwandigen Querschnitt wurden zunächst die eine Hälfte, dann die andere, dann das verbindende Deckblech und zuletzt die Aussteifungsbleche genietet. Die zusammengenieteten transportfertigen Stücke wurden auf der Zulage zu Trägerhälften zusammengepaßt und erhielten hier ihren deckenden Anstrich. Die Montagenietlöcher wurden erst auf dem Bauplatz aufgerieben.

Hein, Lehmann u. Ko. (Vgl. Abb. 1 bis 4 Bl. 25.)

Allgemeine Anlage. Die Anlagen für Eisenkonstruktionen der A.-G. Hein, Lehmann u. Ko., Düsseldorf, zerfallen in eine östliche Anlage: Werk I, und eine westliche: Werk II.

Werk I umfaßt an Hochbauten das alte Stammhaus Ia, einen Holzbau, in dem nur leichte Konstruktionen und Türen, Fenster usw. verarbeitet werden, und eine sich anlehnende, später erbaute Werkstatt Ib, in der vorwiegend schwere Brücken und Blechträger zur Ausführung gelangen. Die westliche Anlage ist von der östlichen durch einen augenblicklich noch dem öffentlichen Verkehr übergebenen Weg getrennt. Sie besteht aus zwei Gebäudegruppen: einer mittleren Gruppe IIa, die die Bureaus, eine Konstruktionswerkstätte und Kessel- und Maschinenhaus umfaßt, und einer nordwestlich gelegenen U-förmigen Gruppe, an die sich nach Osten hin die Profileisenbiegerei anlehnt. Etwa die Hälfte der Grundfläche der ganzen Anlage ist überbaut. Auf den nicht überbauten Flächen befinden sich Lagerplätze und offene Zulagen.

Bauart der Hallen. Das Stammbauwerk Ia und die beiden südlichen Seitenbauten der Konstruktionswerkstätte IIa sind mit Sägedächern überdacht und erhalten Licht durch Nordfenster. Die übrigen Gebäude zeigen Eisenfachwerk als Dachkonstruktion und werden durch Firstlaternen oder Verglasung in den oberen Seitenwänden belichtet. Die Umfassungswände bestehen aus Mauerwerk oder Wellblech.

Beförderungsanlagen. In sämtliche Werkstätten führen Normalspurgleise, die mit den An- und Abfuhrgleisen an der Westseite der Anlagen und durch diese mit dem Verschiebebahnhof Dierenfeld durch Verbindungsweichen und eine Drehscheibe verknüpft sind. Die Beförderung auf den Lagerplätzen leisten auf Normalspurgleisen Lokomotivkrane oder auf Schmalspurgleisen Handwagen. Die Baustoffbewegung in den Werkstätten vermitteln Gleise und Laufkrane. Reichen diese erfahrungsgemäß für die Beförderung bei einzelnen Maschinen nicht aus, so stehen, zumal wo vorwiegend schwere Stücke verarbeitet werden, Schwenkkrane von 2 bis 3 t Tragkraft zur Verfügung. An Laufkranen sind vorhanden: In Werkstatt Ib mittlerer Teil: Dreimotorenlaufkran von 15,30 m Spannweite, 15 t Tragkraft, 4 m/Min. Heben der Last, 100 m/Min. Fahren des Kranes, 15 m/Min. Fahren der Katze; Dreimotorenlaufkran von 15,30 m Spannweite, $7\,^1/_2$ t Tragkraft, 7,50 m/Min. Heben der Last, 150 m/Min. Fahren des Kranes, 30 m/Min. Fahren der Katze.

In Werkstatt Ib westlicher Teil: Dreimotorenlaufkran von 9,40 m Spannweite, 6 t Tragkraft, 3 m/Min. Heben der Last, 100 m/Min. Fahren des Kranes, 16 m/Min. Fahren der Katze.

Werkstatt Ib östlicher Teil: 6 t-Laufkran von 6,50 m Brückenweite. Heben der Last und Fahren der Brücke durch Motor, Fahren der Katze durch Handbetrieb.

Werkstatt IIa westlicher Teil: Dreimotorenlaufkran von 15 m Spannweite. Tragkraft 25 t; Heben der Last 3 m/Min., Fahren des Kranes 75 m/Min., Fahren der Katze 20 m/Min.

Werkstatt IIa mittlerer Teil: Dreimotorenlaufkran von 12,12 m Brückenweite, 5 t Tragkraft, 8 m/Min. Heben der Last, 80 m/Min. Fahren des Kranes, 40 m/Min. Fahren der Katze.

Werkstatt IIb: $7\,^1/_2$ t-Kran, 7,50 m/Min. Heben der Last, 150 m/Min. Fahren des Kranes, 30 m/Min. Fahren der Katze.

Arbeitswege. Die Verteilung der Krane ist den Arbeitswegen angepaßt. Ihre Tragfähigkeit nimmt zu mit der wachsenden Schwere der Konstruktionsteile. Während z. B. in den beiden südlichen Schiffen der Werkstatt IIa, in der nur leichte Stücke verarbeitet werden, ein Laufkran entbehrlich ist, und die Abfuhr auf Schmalspurwagen vor sich geht, bestreicht das Mittelschiff dieser Werkstatt, in dem, ebenso wie in dem Nordschiff, vorwiegend schwere Brücken und Blechträger zur Ausführung kommen, ein 5 t-Kran. Er bringt das auf Handwagen in die Halle gelangende Roheisen zum Richten und Vorzeichnen, verteilt es an die Bohrmaschinen und schafft es auf Handwagen, die auf einem Gleis senkrecht zur Hallenachse den Quertransport in die Nieterei vermitteln. Hier leistet ein 25 t-Kran die Bewegung der miteinander verschraubten Konstruktionsteile zu den Nietmaschinen und die Beförderung der genieteten Stücke auf die Staatsbahnwagen auf dem Abfuhrgleise am Westportal der Halle.

Krafterzeugung und Übertragung. Drei Dampfmaschinen erzeugen zusammen in Werk I und II eine Betriebskraft von rund 600 PS, die bei den Krafthäusern durch Triebwellen, bei größerem Abstand von ihnen durch elektrische Kraftübertragung weitergeleitet wird. Bei schweren Werkzeugmaschinen erfolgt der Antrieb zumeist durch Einzelmotor, sonst gruppenweise. Mit Preßluft versorgen drei Zweistufenkompressoren die Anstalt: in Werk IIa ein Kompressor von Rudolf Meyer-Mülheim a. d. Ruhr, mit Dampfantrieb und einer minutlichen Saugleistung von 14 cbm freier Luft — der Kolben der 95 PS-Dampfmaschine ist mit den Luftkolben starr gekuppelt —; in Werk IIb ein Kompressor mit Wellenantrieb und 4 cbm/Min. Saugleistung. In Werk I ein Kompressor mit Motorantrieb und einer minutlichen Saugleistung von 8 cbm. Die Hauptluftleitung zeigt eine lichte Weite von 104 mm.

Maschinenausstattung; Richt- und Biegemaschinen. Schwere Stücke werden in der Regel im westlichen Flügel der Werkstätte IIb gerichtet. Hier eine Blechrichtwalze mit fünf Haupt- und zwei Hilfswalzen von der Dampfkessel- und Gasometerfabrik A.-G. vormals A. Wilke u. Ko.-Braunschweig. Der Hauptwalzendurchmesser 300 mm, der Hilfswalzendurchmesser 269 mm, die nutzbare Walzenlänge 2,50 m, die größte gewalzte Blechstärke 25 mm. Der Walzenantrieb erfolgt durch umsteuerbaren 24 PS-Motor, Heben und Senken der Oberwalzen durch umsteuerbaren 6 PS-Motor; die beiden Hilfswalzen werden durch Handräder lotrecht verstellt. Unfern dieser Blechwalze eine Exzenterpresse mit wagerecht wirkendem Stempel. In dem östlichen Flügel derselben Werkstätte eine Biegemaschine für Tonnenbleche mit Wellenantrieb der Unterwalzen und Handradhub der Oberwalzen. In Werkstatt IIa in der Richt- und Anzeichnerhalle eine Blechrichtwalze mit fünf Walzen; Walzendurchmesser 300 mm, Wellenantrieb der Unterwalzen, Heben und Senken der Oberwalzen durch Handräder. Leistung bis 25 mm dicke und 2 m breite Bleche. In der Richterei von Werk I eine Exzenterpresse und Blechrichtwalze für leichte Bleche.

Scheren und Stanzen. Leichte Scheren und Stanzen finden sich vorwiegend in Werk Ia; ferner im westlichen Flügel der Werkstatt IIb. Hier eine schwere Exzenterblechschere von Bechem u. Keetmann mit einem 950 mm langen Scherenmesser; Leistung bis 28 mm dicke Bleche. Maultiefe 900 mm; Antrieb durch einen 80 PS-Motor, der oben auf der Maschine ruht. In der Werkstatt IIa eine von Fischer u. Ko.-Düsseldorf gelieferte schwere Stanze mit Einzelantrieb, eine Exzenterschere mit Transmissionsantrieb von derselben Firma mit 900 mm Messerlänge und 800 mm Ausladung zum Schneiden von Blechen bis etwa 25 mm Dicke.

Hobelmaschinen. Außer Hobelmaschinen mit Tischbewegung, Blechkanten-Hobelmaschinen mit wagerechtem Schlittenbett, doppeltem Werkzeugschlitten, H. L. von 5 und $7^1/_2$ m. Für besonders lange Blechpakete eine Hobelmaschine von der Dampfkessel- und Gasometerfabrik vormals A. Wilke-Braunschweig. Senkrechtes Schlittenbett, doppelter Werkzeugschlitten und H. L. von 11 m; Antrieb durch nebenstehenden 10 PS-Motor. Schnittgeschwindigkeit beträgt bis 135 mm/Sek. bei einem Spannquerschnitt von 30 qmm. Festspannung durch Druckwasser mit durch Druckluft betriebenem Druckübersetzer; die zum Festspannen der Preßkolben verwendete Luft hat eine Spannung von 7 Atm.

Autogenes Schnittverfahren. Das autogene Schnittverfahren wird im Werke angewendet: beim Ausklinken, bei Schlitzen in Blechen, bei ungeraden Schnitten. Die Schnitte werden nachher abgefeilt. Der Schnittapparat ist von der Chemischen Fabrik Griesheim-Elektron Frankfurt a. M.

Bohrmaschinen. Gebohrt wird mit Schnellbohrstahl und Spiralbohrern, die im Werke selbst nachgeschliffen werden. Außer den alten Standbohrmaschinen, die hauptsächlich in Werk Ia und den beiden südlichen Konstruktionshallen IIa stehen, sind eine Anzahl amerikanischer Schnellbohrmaschinen mit Gefühlshebel für leichte Stücke und Umlaufzahl bis 400 m/Min. vorhanden. Die Hauptbohrarbeit leisten jedoch Schnellauf-Radial-Wandbohrmaschinen, die in Gruppen zu zweien zum Bohren von Profil- und Winkeleisen und dreien zum Bohren von Blechpaketen an den Wänden der Konstruktionshallen verteilt sind. Der Abstand der Maschinen voneinander ist gleich ihrer Ausladung. Die Auslegerlänge schwankt zwischen 2 bis 2,50 m. Jede Gruppe wird von nur einem Arbeiter bedient. Der Antrieb erfolgt von der Transmission mittels vierfacher Stufenscheiben. Die Maschinen sind gebaut von E. Hettner-Münstereifel, E. Schieß-Düsseldorf und Sentker, A.-G., Berlin. Abb. 6 u. 7 Bl. 24 zeigt eine solche Maschine von E. Hettner. Die Ausladung beträgt 2000 mm, der Spindeldurchmesser 70 mm, die Umlaufzahl/Min. 150 bis 350, der Vorschub je Umdrehung 0,08 bis 0,35. Bei den Bohrmaschinen von Ernst Schieß-Düsseldorf hat die Bohrspindel 80 mm Durchmesser. Die kleinste Entfernung von Mitte Drehzapfen des Auslegers bis zur Bohrspindelmitte beträgt 725 mm, die größte 2200 mm, die Bohrtiefe 300 mm. Die Bohrspindel läuft an ihren Druckstellen in Kugellagern. Der Ausleger ist ebenfalls zum leichteren Schwenken mit Kugellagern ausgerüstet. Die Umlaufzahl weist entsprechend dem 16, 20, 23, 26er Niet in der Min. 150, 200, 265, 350 Umläufe auf. Die Vorschübe sind je Spindelumdrehung 0,080, 0,133, 0,215, 0,350 mm. Wegen der hohen Umlaufzahl der Bohrspindel sind die zusammenarbeitenden, konischen Antriebräder nicht aus gleichem Stoff, sondern immer ein Stück aus Phosphorbronze und ein Stück aus hartem Stahl hergestellt. Die Maschinen von Sentker haben 2200 mm Aus-

ladung, laufen ebenfalls in Kugellagern und haben 350 mm Bohrtiefe. Sie machen 175, 220, 280 und 350 Umläufe in der Min. und haben einen Vorschub von 0,08 bis 0,35 mm je Umdrehung.

Druckluftmaschinen, Preßlufthämmer u. Meißel. Genietet wird entweder mit Preßlufthämmern oder Luftpressen. Benutzt werden hauptsächlich Hämmer und Meißel von Pocorny u. Wittekind-Frankfurt a. M., Größe 2 und 3, und von der deutschen Nieles Werkzeugmaschinenfabrik-Ober-Schöneweide bei Berlin.

Luftpressen. Die Luftpressen sind beweglich aufgestellt. In der Nieterei von Werk I b hängen an Portalkranen zwei Pressen, in der Nieterei von II b eine Presse der Münchener Maschinenbau-A.-G. mit 45 bis 50 t Schließdruck und 800 mm Maultiefe und 500 mm Maulweite. In Werk IIa befindet sich eine Presse derselben Firma und Leistung an einer 25 m langen Brücke, die auf Kraftträgern ruht und die senkrecht zur Hallenachse verschiebbar ist. Ihre Längsbewegung zur Achse geschieht mittels Katze auf den Unterflanschen eines I-Eisens. Nur in der Richtung der Hallenachse beweglich ist in Werk IIb eine Presse von Pocorny u. Wittekind aufgehängt. Schließdruck 85 t, Maultiefe 800 mm, Maulweite 600 m.

Als Aufreibemaschinen werden die Little Giant-Bohrmaschinen benutzt, und zwar Größe Nr. 0. Aufgerieben wird mit rechts schneidenden, spiralgenuteten Reibalen mit linkem Drall und 30° Neigung der Spirale.

Die Nietfeuer werden z. T. mit Preßluft betrieben, z. T. durch Fußbetrieb betätigt. Luftdruckgegenhalter werden im Werk viel benutzt. Sie sind zum großen Teil in der Werkstatt angefertigt worden.

Sägen. Gesägt wird mit Schnellstahl. Neben mehreren Hebelsägen für leichtere Stücke sind eine Anzahl Sägen von Wagner-Reutlingen in den Konstruktionswerkstätten aufgestellt, von denen die meisten eine Verstellung des die Sägeblattachse tragenden Schlittenkopfes um die Schlittenachse erlauben. Der Hub beträgt z. B. 700 mm, der größte Schnitt I N.P. 50. Der Antrieb erfolgt von der Transmission. Der Vorschub ist selbsttätig, kann aber auch von Hand bewirkt werden (vgl. Abb. 1 bis 3 Bl. 23).

Fräsmaschinen. Ebenso wird mit Schnellaufstahl gefräst. Mehrere Stirnflächen-Fräsmaschinen, z. T. mit Außenmessern, z. T. mit flachen Messern von Klingelhöffer-Grevenbroich und Wagner-Reutlingen sind vorhanden. Die Maschinen mit Außenmessern haben 1,2 m Hub und z. T. selbsttätigen Rückgang.

Brückenbau Flender A.-G., Benrath. (Abb. 5 bis 8 Bl. 25.)

Allgemeine Anlage und Bauart der Hallen. Das Werk liegt bei Station Benrath an der Bahnstrecke Düsseldorf-Köln und ist durch eine Drehscheibe mit dem Güterbahnhof Benrath verbunden. Die Gleise für die An- und Abfuhr umfassen die Anlagen, deren wichtigste Werkstätten folgende sind: die Schablonenwerkstatt mit der Schreinerei, die Vorzeichnerei, die Maschinen- und Richtwerkstatt, die Montagehalle I und II für Zusammenbauen und Nieten schwerer Konstruktionen und die Bohrarbeiten auf der Zulage, die Montagehalle III für leichte Stücke, und die im Westen von der Montagehalle I liegende Schmiede und Dreherei. Der Maschinensaal und die Montagehallen I und II erhalten ihre Tagesbelichtung durch Firstlaternen, Verglasung unter der Traufe und Fenster in den Seitenwänden. Die Montagehalle III ist seitlich offen. Die Dachhaut der Hallen besteht aus Wellblech. Die Kranbahnen und Dächer der Montagehallen I und II ruhen auf getrennten Stützen. Im Südosten der Anlagen nahe beim Haupteingang liegen die Bureaus und Lagerplätze für fertige Konstruktionen, im Osten und Nordosten die Lagerplätze für Rohstoffe.

Beförderungsanlagen. Sie werden bestrichen von zwei Lokomotivkranen von 8 m Ausladung und je 6 t Tragkraft. Sämtliche Hauptwerkstätten durchlaufen Schmalspurgleise; auf ihnen geht die Beförderung von Werkstatt zu Werkstatt vor sich. In der Vorzeichnerei und in Montagehalle I und II stehen außer den Fördergleisen Laufkrane zur Verfügung. Der Dreimotorenkran in der Vorzeichnerei hat 5 t Tragkraft, 80 m/Min. Lauf-, 40 m/Min. Katzen- und 6 m/Min. Hubgeschwindigkeit. Die Montagehalle II bestreichen zwei 5 t-Krane, die Montagehalle I vier 10 t-Krane, von denen je zwei nebeneinander geschaltet sind. Sie werden vom Boden aus durch Handketten betätigt. Kranfahren und Hub wird durch je einen Motor, Katzenfahren von Hand bewirkt. An den Untergurten der 5 m voneinander entfernten Binder der Maschinenhalle laufen in der Quer- und Längsrichtung auf][-Trägern Katzen von 2 t Tragkraft. Die Zulagen beim Verwaltungsgebäude bestreicht ein 12,5 t-Kran, der zugleich Verladezwecken dient; die hier und in Montagehalle I und II beladenen Staatsbahnwagen werden durch elektrisch betriebene Spille in das Anschlußgleis gezogen.

Betriebskraft und Licht bezieht die Anstalt zum größten Teil von dem Nachbarwerk, der Benrather Maschinenfabrik. Den Kompressor betreibt eine 50 PS-Dampfmaschine. Die Kolben sind starr aneinander gekuppelt. Die Saugleitung beträgt etwa 8 cbm/Min.

Richtmaschinen. Von Maschinen seien folgende erwähnt: Blechrichtwalze von Sack-Rath. Fünf Walzen mit 400 mm Durchm., eine Hilfswalze mit 300 mm Durchm., nutzbare Walzenlänge 2500 mm, umsteuerbarer 30 PS-Stufenmotor für den Walzenantrieb; für den Hub der Oberwalze 5 PS-Motor.

Scheren. Winkelschere von der Sächsischen Maschinenfabrik Chemnitz für Winkel bis N.P. 12. Antrieb $4^1/_2$ PS-Motor. — Schwere Blech- und Winkelschere von der Baroper Maschinenfabrik, Messerlänge 1500 mm, Blechschnitte bis 25 mm; zwei Exzenter auf gemeinsamer Welle, Antrieb 23 PS-Motor. Profileisenschere, Henry Pelz, wird auch zum Klinken benutzt.

Hobelmaschinen. Blechkantenhobelmaschine von Bendel-Magdeburg, 12 m H.L. — Blechkantenhobelmaschine von Sack-Rath, H.L. 15 m. Durchschnittl. Schnittgeschwindigkeit 10 m/Min. bei einem durchschnittlichen Spannquerschnitt von 60 × 2 mm. Doppelter Werkzeugschlitten an lotrechtem Schlittenbett gleitend. Antrieb zweistufiger 5 PS-Motor. Aufspannung durch Druckwasser und durch Druckschrauben. Bedienung: Ein Mann fährt auf einer am Schlitten angebrachten Trittstufe mit. Der Schnitt kann jederzeit an der

Maschinenseite und vom Schlitten aus unterbrochen werden. Benutzungsart: vorwiegend bei Blechpaketen.

Fräsmaschinen und Sägen. Fräsmaschinen von Wagner-Reutlingen mit Seitenmessern aus Schnellstahl. Hub 1800 mm; Fräskopf 1200 mm Durchmesser. Ebenso von Wagner-Reutlingen Säge mit um die Schlittenachse drehbarem Sägekopf; Sägeblatt mit eingesetzten Zähnen aus Schnellaufstahl.

Bohrmaschinen. Drei Batterien Radial-Wandbohrmaschinen von Defries-Düsseldorf mit Gruppenantrieb. Nutzbare Ausladung 1,3 m. Abstand 1,5 m. Gebohrt wird mit Werkzeugstahl und Spiralbohrer. Bedienung: Batterie zu zwölf Maschinen: 4 Mann beim Bohren von Blechpaketen, 5 Mann beim Profileisenbohren. Batterie zu sechs Maschinen: 2 Mann bei Blechpaketen, 3 Mann bei Profileisen. Batterie zu fünf Maschinen: 3 und 2 Mann.

Eine Batterie Radial-Wandschnellaufbohrmaschinen von Hettner-Münstereifel. Nutzbare Ausladung 2,2 m; Abstand 2 m; 14fache Umlaufzahl von 180 bis 450 Umläufen in der Minute. Vorschübe für eine Umdrehung 0,1, 0,2, 0,3, 0,45 mm; der 6 PS-Stufenvertikalmotor sitzt auf dem Schlitten. Die verschiedenen Geschwindigkeiten werden durch Anlasser eingeschaltet. Die Maschinen werden vorwiegend benutzt, um Blechpakete oder Trägerteile nach dem Zulageverfahren zu bohren (vgl. Abb. 6 u. 7 Bl. 24).

Drei fahrbare Universal-Radialbohrmaschinen von Collet u. Engelhard-Offenbach a. M. (vgl. Abb. 4 u. 5 Bl. 25): Durchmesser der Bohrspindel 60 mm, Bohrtiefe 250 mm, größte Entfernung von Mitte Spindel bis Mitte Säule 1500 mm; kleinste Entfernung 600 mm, senkrechte Verstellbarkeit des Auslegers am Ständer 900 mm, Querverstellung des Spindelschlittens am Ausleger 900 mm, größter zu bohrender Lochdurchmesser 30 mm, Bohrvorschub für eine Spindelumdrehung 0,13 und 0,25 mm, Umdrehungsgeschwindigkeit in der Spindel in der Min. 22, 40, 65, 85, 155 und 250.

Der Antrieb erfolgt durch den am einen Ende des Auslegers aufgebauten Elektromotor von 3 PS. Dreifache Stufenscheibe und doppeltes exzentrisch auslösbares Rädervorgelege sowie zwei Winkelgetriebe für sechs verschiedene Umlaufgeschwindigkeiten der Spindel. Der Bohrkopf ist um die wagerechte und lotrechte Achse drehbar, so daß die Spindel in jeder beliebigen Richtung eingestellt werden kann. Der Ausleger ist durch Gegengewicht abbalanciert und an der Säule durch Zahnstange und Trieb der Höhe nach verstellbar. Die mit dem Radialarm im vollen Kreis durch Schneckengetriebe drehbare Säule ist in dem auf der Wagenplatte verschiebbaren Säulenfuß gelagert. Die Wagenplatte ist auf vier Rollen fahrbar und wird beim Bohren durch vier Schraubenspindeln abgestützt. Der Säulenkopf ist mit Haken versehen, damit die Maschine auch mit Hilfe von Kranen beliebig versetzt werden kann.

Nietmaschinen. Feststehende Druckwasser-Nietpresse; 1400 mm Maultiefe, 330 mm Maulweite, 85 t Stempeldruck. Das Werkstück wird der Maschine mittels Laufkatzen zugeführt, die an einem an Konsolen aufgehängten Träger gleiten.

Bewegliche Druckwasserpresse von Haniel Lueg-Düsseldorf; Maultiefe 600 mm, Maulweite 400 mm, Stempeldruck 85 t; hängt an Halbportalkran. — Lufthämmer zumeist von Pocorny u. Wittekind; Größe II.

Zulegeverfahren in der Brückenbauanstalt Flender.

Ein Beispiel für diese Arbeitsweise der Werkstatt Flender bietet der rechtseitige Überbau der nördlichen Rheinstraßenbrücke bei Köln. Der Zweigelenkbogen hat 122,56 m Stützweite (Text-Abb. 15 u. Abb. 1 bis 10 Bl. 26). Das Zulegeverfahren erfordert, um beim Bohren ein seitliches Verschieben der Teile gegeneinander und Abheben voneinander zu verhüten, vor allem ein festes Verspannen der Eisen. Das erreicht die Brückenbauanstalt Flender durch Anwendung von Hilfslöchern, die in Abständen von etwa 50 bis 60 cm, 6 bis 8 mm kleiner als der Nietdurchmesser der Werkstattzeichnung vorschreibt, gebohrt werden. Bei Stab VI—VII war nachstehender Arbeitsvorgang zu beobachten.

Die Gurtwinkel *a*, *b*, *c*, *d* (vgl. Abb. 6 Bl. 26) werden nach Holzschablonen abgelängt und durchgekörnt, und sämtliche Heft- und Hilfslöcher mit Ausnahme der der wagerechten Schenkel der Gurtwinkel *c* und *d* werden gebohrt. Die wagerechten Schenkel der Winkeleisen *c* und *d* erhalten in Abständen von 4 bis 5 Heftlöchern nur Hilfslöcher, die dazu bestimmt sind, die Schenkel mit den Lamellen *e* und *f* zu verdornen und zu verschrauben und ein Bohren durch Gurtwinkelschenkel und Lamellen zugleich möglich zu machen.

Bei den Stehblechen *i*, *k*, *l*, *m* wird eins von jeder Position mit Umrissen und Hilfslöchern vorgezeichnet. Mehrere Bleche der gleichen Position werden mit dem vorgezeichneten Stahlblech zu Paketen von 60 bis 80 mm Dicke verspannt. Die Pakete erhalten die Hilfslöcher, durch welche infolge Verschraubens und Verdornens das Hobeln in Paketen erleichtert wird. Da bei dem Obergurt des Bogenträgers acht Stehbleche von jeder Position vorhanden sind, dient eins der gebohrten und abgehobelten Bleche als Bohr- und Umrißschablone für weitere Bleche der gleichen Position.

Von den äußeren Beiblechen *g* und *h* wird eins einer jeden Position mit sämtlichen Löchern und Hilfslöchern, von den inneren *x* und *y* mit den Hilfslöchern vorgezeichnet. Sämtliche Heftlöcher und Hilfslöcher werden gebohrt, die Bleche gleicher Position miteinander verschraubt und verdornt und gehobelt. Nachdem die lotrechten Schenkel der Gurtwinkel *a*, *b*, *c*, *d*, die Beibleche *g* und *h*, alle Heft- und Hilfslöcher, die Beibleche *x* und *y* alle Hilfslöcher, die Stehbleche *i*, *k*, *l* und *m* die nötigen Hilfslöcher erhalten haben, erfolgt vermittelst der Hilfslöcher ein Verspannen dieser Konstruktionsteile zu den Querschnitthälften I und II. Sie werden auf die Zulage unter ein Büschel Radialbohrmaschinen gebracht und dort unter Benutzung der vorgebohrten Löcher als Führung gebohrt.

Bei den Deckblechen *e* und *f* wird ein Blech von jeder Position vorgezeichnet und mit Blechen der gleichen Position verspannt, und sämtliche Löcher mit Ausnahme der, die sich über den wagerechten Schenkeln der Gurtwinkel *c* und *d* befinden, werden gebohrt. Die Blechkanten werden wieder nach dem Bohren in Paketen gehobelt. Die über den wagerechten Schenkeln der Gurtwinkel *d* und *c* liegenden Lamellenteile erhalten zunächst nur Hilfslöcher. Sie werden mit den Gurtwinkeln verspannt auf der Zulage gebohrt.

Die Bleche und Winkel der Kastenaussteifung werden einzeln nach Holzschablonen durchgekörnt und gebohrt.

Bei Schrägstäben und Pfosten verfährt man in ähnlicher Weise. Bei dem Schrägstab VI—7 (Abb. 5 Bl. 26)

z. B. körnt man die Nietlöcher der Winkel *u* und *o* nach Schablonen durch. Beim Stehblech *r* und bei den Winkeln *s* und *t* werden zunächst wieder nur Hilfslöcher gebohrt. Nach dem Verspannen des ganzen Querschnittes wird auf der Zulage gebohrt.

Wie beim Obergurt spielt sich der Arbeitsvorgang in entsprechender Weise beim Untergurt, bei den Hängepfosten und beim Zugband ab.

Je ein halber Bogen mit Hängepfosten und Zugband wird zugelegt. Man beginnt mit dem Zugband, das unter Berücksichtigung der Überhöhung zugelegt wird. An das Zugband werden die Hängepfosten, an die Hängepfosten die Gurte angepaßt.

Der Arbeitsvorgang beim Bohren der Nietlöcher im Bereiche des Knotenbleches auf der Zulage sei an Knotenpunkt VI des Obergurtes ausgeführt.

Bohren in der wagerechten Ebene. Die Hilfslöcher der Gurtwinkel, Stehbleche, Beibleche und Lamellen der Stäbe V — VI und VI — VII (vgl. Bl. 26) im Bereiche des Knotenbleches sind zugleich mit dem für das Bohren der Heftlöcher auf der Zulage erforderlichen Hilfslöchern gebohrt worden. Laschen, Futterstücke und Knotenbleche haben die Hilfslöcher durch Bohren in Paketen erhalten. Die Hilfslöcher ermöglichen das Verlaschen der Querschnitthälften I von Stab V—VI und VI—VII (vgl. Abb. 6 Bl. 26), die so auf die Zulage gelegt werden, daß das Knotenblech oben liegt. Auf das Knotenblech werden die Schrägstäbe VI—7 und Pfosten VI—6 hingelegt, nachdem vorher, um ein Bohren zu ermöglichen, die oberen Winkel *s*, *u* und *p*, *q* abgetrennt worden sind. Da das nach oben liegende Knotenblech und die Winkel der Schrägstäbe und der Pfosten mit sämtlichen Bohrlöchern vorher vorgezeichnet sind, kann die Bohrarbeit nach dem Zulageverfahren geleistet werden. Sie geschieht durch versetzbare Ständerbohrmaschinen, die von Kranen so aufgestellt werden, daß sie mit ihrer 1300 mm langen Ausladung möglichst viele Löcher bestreichen können. Sind sämtliche Löcher gebohrt, verschraubt und mit abgedrehten Dornen verdornt worden, so werden die oberen Winkel der Schrägstäbe VI — 7 und Pfosten VI — 6 und die Kastenaussteifungen ausgebaut. Hierauf wird die Querschnitthälfte II des Stabes VI — VII (vgl. Abb. 6 Bl. 26) mit Knotenblech, Laschen und Futterstücken zugelegt, verdornt und verschraubt. Bei sämtlichen von oben sichtbaren Konstruktionsteilen im Bereiche des Knotenbleches, wie bei den Laschen, den von ihnen nicht überdeckten Gurtwinkeln, Beiblechen, bei dem Knotenblech, soweit es nicht überdeckt ist, sind alle Löcher vorgezeichnet und können somit gebohrt werden.

Bohren in der lotrechten Ebene. Nach Beendigung des Bohrens in der wagerechten Ebene beginnt in der senkrechten Ebene das seitliche Vorbauen der Laschen und Lamellen mit Hilfe der Krane. Nach dem Verdornen und Verschrauben kann auch hier, da auf der äußeren Lasche alle Bohrlöcher im Bereiche des Knotenbleches vorher vorgezeichnet worden sind, mit dem Bohren in der senkrechten Ebene begonnen werden, die Spindel der Ständerbohrmaschinen erlaubt eine wagerechte Einstellung der Bohrer.

Die Eisenbauanstalt der A.-G. für Verzinkerei und Eisenkonstruktion vorm. Jakob Hilgers, Rheinbrohl. (Abb. 1 bis 3 Bl. 27.)

Lage, Bauart der Hallen. Das Werk liegt auf der rechten Rheinseite an der Bahnstrecke Ehrenbreitstein — Deutz. An die Lagerplätze im Norden der Anlage schließt sich eine vierschiffige, 52 m breite und 75 m lange Halle für Richt- und Vorzeichnerarbeiten an. Dreieckige Oberlichtreiter, winkelrecht zum First, führen der Werkstatt das Tageslicht zu; die Stützen, die die Bogendächer tragen, halten zugleich die auf Auskragungen ruhenden Kranbahnen. An die südliche Breitseite der Werkstatt lehnt sich der Hauptmaschinensaal, eine dreischiffige, 82 m lange und 52 m breite Halle an. Ihr 27,8 m breites Mittel- und 12 m breites westliches Seitenschiff dient vorwiegend der Zulage der Eisenkonstruktionen, während der größte Teil des Ostschiffes den beiden Bohrkranen vorbehalten ist. Um das Mittelschiff für größere Zulagen frei von Stützen zu halten, werden die mittleren



Abb. 15. Halber Bogen des rechtsseitigen Oberbaues der nördlichen Rheinstraßenbrücke bei Köln, auf der Zulage in der Brückenbauanstalt Flender, Benrath (Spannweite des Bogens 122,50 m).

Kranbahnen der beiden nebeneinander geschalteten Laufkrane von einem besonderen räumlich ausgebildeten Fachwerkträger gestützt, der die Kräfte an die Binder abgibt und zugleich die Bahnen eines Schwenkkranes für leichte Stücke trägt.

Die Belichtung der Mittelhalle erfolgt durch durchgehende, dreieckige Firstdachreiter und Verglasung über den Kehllinien der anstoßenden Dächer der Seitenschiffe. Die Seitenschiffe erhalten ihr Licht durch Dachreiter senkrecht zum First.

Die Beförderung auf den Lagerplätzen und in der vierschiffigen Werkstatt für Richt- und Vorzeichenarbeiten und z. T. die Längsförderung in der Hauptmaschinenhalle vermitteln Schmalspurgleise. Miteinander durch Weichen verknüpfte Normalspurgleise umsäumen die Hauptmaschinenhalle, dringen bis an ihr Südende vor, durchqueren die Richthalle und verbinden das Werk mit Bahnhof Rheinbrohl. Die Längsbewegung in jedem der vier Schiffe der Richthalle leisten vier parallel geschaltete Dreimotorenlaufkrane von 5 t Tragkraft und 12,5 m Spannweite und nachstehenden Arbeitsgeschwindigkeiten:

Heben	5,5 m/Min.	9 PS-Motor
Katzenfahren	25 m/Min.	2 „ „
Kranfahren	65 m/Min.	5 „ „

Steuerung durch Steuerschnüre vom Flur aus.

Ein gleicher Kran steht auf der Westseite des Mittelschiffes der Hauptmaschinenhalle zur Verfügung, während die Ostseite einen 10 t-Kran mit ebenfalls 12,5 m Spannweite und Arbeitsgeschwindigkeit wie folgt bedient:

Heben	4,5 m/Min.	14 PS-Motor
Katzenfahren	20 m/Min.	2,6 „ „
Kranfahren	100 m/Min.	14 „ „

Steuerung vom Führerkorb aus.

Der Drehlaufkran in dem Mittelschiff (Abb. 3 Bl. 27) hat 1 t Tragkraft, 7 m Ausladung, 40 m/Min. Fahrgeschwindigkeit, 5 PS-Motor. Die beiden 3 t-Krane der Seitenschiffe der Hauptmaschinenhalle werden von Hand bedient.

Während in der vierschiffigen Richthalle der Antrieb der Arbeitsmaschinen durch Einzelmotor erfolgt, zeigt die Hauptmaschinenhalle Gruppenantrieb. Den Antrieb der westlichen Gruppe in der Hauptmaschinenhalle leistet ein 20 PS-, den der westlichen ein 36 PS-Motor.

Luftmaschinen. Dieser Motor liefert zugleich die Kraftquelle für die beiden Kompressoren von 2 und 3 cbm Saugleistung in der Minute, die die Kniehebelpressen von der Maschinenbaugesellschaft München, die Lufthämmer von Pocorny u. Wittekind und zwei Langfeuer, deren größtes 3 m beträgt, speisen.

Das Aufreiben der Bohrlöcher geschieht mittels der elektrischen Aufreibemaschinen von Ernst Heubach u. Ko. Die Bohrarbeit an einzelnen Stücken besorgen die an den Mittelpfeilern der Halle aufgestellten Bohrmaschinen, während die beiden Kranbohrmaschinen mit Doppelspindel und Einzelmotor vorwiegend Blechpakete und Blechträger und schwere Fachwerkbrücken auf der Zulage bohren (vgl. Abb. 7 bis 9 Bl. 23).

Die Maschinenausstattung der Hauptwerkstatt wird durch eine Blechkantenhobelmaschine von Breuer, Schumacher u. Ko. mit Doppelsupport und H. L. von 7 m, zwei Stirnfräsmaschinen von Klingelhöfer-Grevenbroich mit 2 m Hub, 800 mm Fräskopfdurchmesser, und drei Kaltsägen von Wagner-Reutlingen mit verstellbarem Kopf und 700 mm Sägeblattdurchmesser ergänzt. Der Antrieb jeder der letztgenannten Maschinen erfolgt durch einen 4 PS-Motor. Gesägt und gefräst wird mit Schnellaufstahl.

Hauptsächlich in der Richthalle stehen Stanzen, Stanzen mit Scheren kombiniert, Scheren für Blech- und Profileisen, Blechrichtmaschinen und Exzenterpressen, deren Antrieb durch Einzelmotore erfolgt.

Eisenbauanstalt Union. (Abb. 4 bis 8 Bl. 27.)

Gesamtanlage und Gebäude. Das Hauptgebäude der Eisenbauanlagen der A.-G. für Bergbau, Eisen- und Stahlindustrie Union (Abb. 4 bis 7 Bl. 27) in Dortmund ist eine 60 m breite und 360 m lange, dreischiffige Halle, deren südliches Drittel einer Abteilung des Werkes für Weichenbau eingeräumt ist. Die Breite des Mittelschiffes ist 28,5 m, die der Seitenschiffe 15,75 m. Die Hauptbinderentfernung der Mittel- und Seitenschiffe beträgt 12 m, während die Zwischenbinder in Abständen von 4 m angeordnet sind. Die Hauptbinder der Mittelhalle haben zwei Gelenke und geben ihre Schübe an die Hauptbinder der Seitenschiffe ab, die sie in das Grundmauerwerk leiten. Die Zwischenbinder des Mittelschiffes und der Seitenschiffe ruhen in der Ebene der Innenpfeiler auf Längsträgern, die zugleich die Kranbahnen stützen und ihre Kräfte an die Hauptbinder der Seitenschiffe abgeben. Der Winddruck auf die Giebelflächen wird durch einen Windträger aufgenommen und durch Verstrebungen in die Grundpfeiler überführt. Die in der Längsrichtung der Halle wirkenden Winddrücke werden von den Zwischenbindern durch Sprengwerke auf die Hauptbinder übertragen und gehen von den Hauptbindern unmittelbar durch die Pfeiler in das Grundmauerwerk. Verschalung, Sparren und Pfetten des Daches sind aus Holz; die Dacheindeckung besteht aus doppellagiger Dachpappe. Der Lichtzuführung dienen neben den Fenstern an den Giebelflächen und Außenwänden und den für Lüftungszwecke z. T. verschiebbaren Fenstern in der Ebene der Mittelpfeiler Oberlichtreiter, die quer zur Hallenlängsachse laufen. Der Flächeninhalt umfaßt den $2^1/_2$ fachen Teil der 21600 qm großen Grundfläche der Halle. Nördlich schließt sich an die Hauptwerkstatt der Lagerplatz mit den meist kommissionsweise nebeneinander lagernden Eisen und der in einem Schuppen untergebrachten Richterei an. Hier liegen auch abseits von der Werkstatt an einem Haupteingange der Anlagen die Bureaus. Die Modelltischlerei und das Magazin beanspruchen je einen Sonderschuppen im Südwesten der Hauptwerkstatt.

Förderanlagen. Die Beförderung im Mittelschiff der Haupthalle leisten zwei Dreimotorenlaufkrane von 15 t Tragkraft und einer Brückengeschwindigkeit von rund 35 m/Min. Durch die ganze Halle hindurch laufen vier Normalspurgleise, zwei auf beiden Seiten des Mittelschiffes, zwei an den Mittelpfeilerseiten der Seitenschiffe, in die sämtlich ein drittes Gleis für Schmalspurwagen eingebaut ist. Die den Mittelpfeilern benachbarten Schienen der Normalspurgleise in den Seitenschiffen sind in Beton gebettet und dienen zugleich als untere Laufschienen für je zwei Zweiradkrane, deren obere Laufschienen die Untergurte der Binder tragen. Die Zweiradkrane haben bei einer Ausladung von rund 9 m, die zur Bestreichung der Seitenschiffe ausreicht, eine Tragfähigkeit von 2,5 t und eine Längsgeschwindigkeit von 75 m/Min. Hub- und Längsbewegung erfolgt durch je einen

Motor, die Drehbewegung mit Hand vom Führerstand aus. Vom Lagerplatz aus in die Werkstatt gelangt das leichte Roheisen auf Schmalspurgleisen und Handwagen. Schwere Stücke werden durch zwei Lokomotivkrane auf Normalspurgleisen mit Ausladungen von 9 m befördert. Die Anfuhr von Roheisen von dem Walzwerk der A.-G. und die Verbindung mit den Staatsbahngleisen erfolgt durch das an der Schlackenhalde vorbeiführende Gleis. An das Hafengleis, das zu dem an das Werk grenzenden Hafen des Dortmund-Emskanals führt, sind die in die Werkstatt führenden Normalspurgleise und die Gleise, von denen aus der Lagerplatz bestrichen wird, angeknüpft. Die Verladung der fertigen Konstruktionen in die Eisenbahnwagen erfolgt auf den Normalspurgleisen allenthalben in der Werkstatt.

In der Richterei stehen unter anderm teils im Gruppen-, teils im Einzelantrieb eine Blechrichtwalze, eine Winkelrichtmaschine und zwei Profileisenbiegmaschinen. Im östlichen Seitenschiff der Hauptwerkstatt ist am Nordende die Schmiede mit mehreren Hämmern untergebracht, an die sich eine Gruppe von Blechkanten-Hobelmaschinen anschließt. Der übrige Teil dieses Seitenschiffes ist der Vorzeichnerei vorbehalten. Das Mittelschiff dient hauptsächlich der Zulage. Die zumeist an den westlichen Mittelpfeilern angebrachten Wandbohrmaschinen besorgen die Bohrarbeit; ihre Umlaufzahl beträgt etwa 425 bis 450 in der Minute. Sie werden je durch einen an den Pfeilern auf Auskragungen ruhenden 1 PS-Motor angetrieben. Gebohrt wird mit Schnellbohrstahl und Spitzbohrern. Die Nietarbeit auf der Zulage leisten Lufthämmer. Blechträger werden an der Nordostseite des Mittelschiffes mit Druckluft-Kniehebelpressen, deren Maulweiten bis 400 mm und deren Maultiefen bis 700 mm betragen, genietet. Die Sauerstoffzuführung der Nietfeuer erfolgt von der Kompressorenanlage aus. Die beiden Kompressoren mit Elektromotorenantrieb sind in einem Sonderbau im westlichen Seitenschiff untergebracht. Südlich an diese Anlage schließen sich Zulagegerüste für kleinere Konstruktionen und Türen, Fenster, Treppen usw. an. Diesen folgen Sägen. Nördlich von der Kompressorenanlage liegt durch Wände abgetrennt die Reparaturwerkstatt, der weiter nördlich eine Gruppe von Hobelbänken und Drehbänken, Fräs- und Sägemaschinen folgt. Letztere sind so aufgestellt, daß gleichzeitige Bedienung und Beobachtung mehrerer Maschinen durch einen Mann möglich ist.

Arbeitsweise. Das Verfahren, nach dem in dem Werke gearbeitet wird, ist das Schablonierverfahren. Schablonen werden nur benutzt bei I-Eisen und bei einer beträchtlichen Anzahl kleinerer Winkel. Sie bestehen aus fast astfreiem, schwedischem Kiefernholz. Im allgemeinen kommt jeder größere Träger, bevor er die Anstalt verläßt, auf die Zulage, die es gestattet, Bogenbrücken bis 70 m Spannweite ganz zusammenzubauen.

Gustavsburg. (Abb. 9 u. 10 Bl. 27.)

Allgemeine Anlage. Die Zweiganstalt Gustavsburg der vereinigten Maschinenbaugesellschaft Nürnberg A.-G. unweit Mainz umfaßt ein Gelände von rd. 18,5 ha, wovon etwa 7,6 ha überbaut sind. Neben der Ausführung von Eisenbahn-, Güter- und Personenwagen, Dampfkesseln usw. befaßt sich die Anstalt mit der Herstellung von Eisenkonstruktionen, besonders für Eisenhoch- und Brückenbau. Während in dem neuerbauten Nordwerk hauptsächlich leichtere Brücken- und Dachwerke verarbeitet werden, kommen in dem von der Hauptgebäudegruppe durch die Bahn getrennten Südwerke schwere Brücken nach einem in diesem Werke besonders ausgebildeten Zulegeverfahren zur Ausführung. Das Südwerk zeigt die Form eines spitzen, gleichwinkligen Dreiecks, dessen westliche Spitze dem Lagerplatz mit dem Modellschuppen vorbehalten ist. Nach Süden folgen die Richterei mit der Schmiede, das Werkstättenbureau, die Reparaturwerkstätte und die Hauptkonstruktionswerkstatt oder Montagehalle. Diese etwa 192 m lange und 43 m breite Halle zerfällt in zwei Teile. Das südliche Schiff dient hauptsächlich der Verarbeitung des Eisens nach dem Zulegeverfahren und wird fast zur Hälfte von dem Holzboden für die Zulagen eingenommen. Neben mehreren 6 t-Laufkranen bestreichen den Zulageboden drei Bohrkrane, deren jeder zwei Bohrkatzen mit je zwei Bohrern zeigt. Die andere Hälfte ist dem Nietgeschäft eingeräumt; vorwiegend elektrische Nietpressen verrichten hier die Nietarbeit. In dem Nordschiff wird nach dem Schablonierverfahren gearbeitet.

Zulegeverfahren in der Zweiganstalt Gustavsburg (Abb. 13 bis 17 Bl. 26). Nach dem Zulegeverfahren wurde der rechtsseitige eiserne Überbau der nördlichen Rheineisenbahnbrücke bei Köln (Zweigelenkbogen von 122,56 m Stützweite) von der Brückenbauanstalt Gustavsburg hergestellt. Jedesmal ein halber Bogen wurde zugelegt. Wie der Bogen wurde auch das Zugband behandelt, während die Hängepfosten, Längs- und Querträger, die Schrägstäbe und Ständer usw. nach dem Schablonierverfahren bearbeitet wurden. Die Zulage erfolgte auf dem Holzboden der alten Nordhalle, nachdem der von früheren Zulagen beschädigte Reißboden des Zulegebodens sorgfältig ausgebessert worden war. Die Verbindung des Bogenfußes (Abb. 15 Bl. 26) mit dem Scheitel a VIII, die Senkrechten von den Knotenpunkten auf a VIII: $o-b$, $I-c$, $I-d$ usw. und die Abstände dieser Senkrechten voneinander: $a\ b$, $b\ c$, $c\ d$ waren errechnet worden. Um die Basis a VIII zu ziehen, spannten die Zimmerleute eine Schnur, nach der sie den Kreidestrich a VIII zogen, und zeichneten mit Hilfe von Stangenzirkeln und Metallmaßstäben das Netz in Kreide auf. Dann begannen sie mit einer zweiten, genauen Auftragung des Netzes. Die Stellen des Reißbodens, auf die die Knotenpunkte fielen, wurden abgehobelt. Wieder wurde die Schnur gespannt und genügend viele Punkte heruntergelotet, um die Gerade a VIII ziehen zu können. Jetzt zeichneten die Zimmerleute so genau wie möglich mit Bleistift die Basis und von der Basis aus das Netz zum zweiten Male auf. Die Knotenpunkte wurden durch Nägel, die in den Reißboden geschlagen wurden, unwandelbar festgelegt.

Nachdem das Netz festlag, galt es, die etwa 40 cm hohen Montierständer A (Abb. 13 Bl. 26), auf die die Konstruktionsstücke gelegt werden sollten, in die richtige Lage zu bringen. Zu diesem Zwecke wurden von den Schwerlinien aus die Breiten der Stehbleche der Gurte $B=a+b$ auf dem Reißboden aufgetragen und die lotrecht liegenden Schenkel und Laschen in Abzug gebracht (Abb. 16 Bl. 26). Um z. B. die Kante hh zu finden, wider die sich die lotrechten Gurtwinkelschenkel nebst Lasche vom Knotenpunkt I legen sollten, subtrahierte man (Abb. 14 Bl. 26) von a die Dicke d des Winkelschenkels und e der Lasche.

Die Ständer wurden in Abständen von $1^1/_2$ bis 2 m gesetzt — für jeden Gurtwinkel jedesmal einer — und mit dem Boden fest verschraubt. Auf die Ständer wurden die geschnittenen und nachgearbeiteten Laschen, Gurtwinkel, Stehbleche und Knotenbleche gelegt (Abb. 14 u. 17 Bl. 26). Die lotrecht liegenden Schenkel der Gurtwinkel wurden wider die innere Fläche *hh* des Schlitzes (Abb. 14 Bl. 26) festgekeilt, und Laschen, Winkel und Bleche miteinander durch Spannkloben fest verspannt. In dieser Weise wurden von den kastenförmigen Gurten des halben Bogens sämtliche Querschnittshälften, also die umsäumenden Gurtwinkel, Stehbleche, Laschen und Knotenbleche hingelegt. Soweit sich Fehler in den Schnitten beim Zusammenpassen herausstellten, wurden diese durch Nacharbeiten nunmehr beseitigt.

Auf die Knotenbleche legten die Schlosser die inzwischen nach dem Schablonierverfahren bearbeiteten Schrägstäbe und Pfosten. Von den beiden letzterwähnten Stabgruppen waren vorher die oberen Gurtwinkel nebst Lamellen abgetrennt worden, damit den senkrecht arbeitenden Kranbohrmaschinen der Angriff auf die unteren Winkel der Schrägstäbe und Pfosten ermöglicht wurde (Abb. 17 Bl. 26). Hiermit war die erste Zulage beendet.

Nach dem Aufreißen der Nietteilung auf die oben aufliegenden Stehbleche und Knotenbleche und wagerechten Winkelschenkel der Schrägstäbe und Pfosten traten die Kranbohrer an möglichst vielen Punkten in Tätigkeit. Die Spiralbohrer aus Schnellbohrstahl durchliefen Packungen von 60 mm und darüber. Wurden die Packungen zu dick, so bohrten die Bohrleute Lagen von 60 bis 70 mm vor, lösten dann mehrere Lagen ab und ließen die Bohrer in die vorgebohrten Löcher einspielen. Nach dem Verdornen und Verschrauben der Löcher wurden die oberen Diagonal- und Vertikalwinkel angebaut und auf diese, soweit sie vorhanden waren, die Kopfplatten aufgebracht. Dann bauten die Schlosser die Kastenaussteifungen ein, und hiermit waren für die Zulage der zweiten Querschnittshälfte der Gurte genügend Unterstützungspunkte geschaffen. Zulage, Vorzeichnen und Bohren verlief bei dieser Querschnittshälfte wie bei der ersten. Die dritte Zulage bestand darin, daß die Deckplatten und ihre Laschen an die so zugelegten beiden Querschnittshälften angebaut wurden. Während nun damit begonnen wurde, die Pfosten und Schrägstäbe abzubauen, sie in die einzelnen Bestandteile zu zerlegen, um den Bohrgrat zu entfernen und streichen zu können, wurden die miteinander verspannten Deckplatten, Laschen und Winkel der Gurte von Stoß zu Stoß abgelöst und von den Kranen zu einem anderen Teile des Zulagebaues gebracht, wo sie gebohrt wurden. Der Vorgang beim Bohren spielte sich in der Weise ab, daß jedesmal ein aus Deckplatten, Laschen und Gurtwinkeln bestehender Stab wagerecht auf den Zulageboden gelegt wurde, so daß die vorgezeichneten Gurtwinkel oben lagen. Während des Bohrens wurde der nächstfolgende Stabteil an die auf der Zulage liegenden beiden Querschnittshälften angebaut und zusammengepaßt und der vorhergehende zum Bohren abgebaut.

August Klönne. (Abb. 1 Bl. 28.)

Gesamtanlage. Der Flächeninhalt der Anstalt für Brückenbau, Eisenhoch- und Gaswerksbau, August Klönne-Dortmund, beträgt rd. 5 ha. Hiervon ist etwa der vierte Teil überbaut. Im Westen der Anstalt liegt die Hauptwerkstatt, ein älterer, 183 m langer und 28 m breiter Holzbau, der in seinem nördlichen Teil die Schmiede und Werkzeugmaschinen und in seinem südlichen, durch eine Wand abgegrenzten Teil die Vorzeichnerei birgt. Auf einem Hofe östlich von der Halle stehen einzeln überdachte Werkzeugmaschinen und Schuppen, in denen die Beizerei, Bohrmaschinen, Richtpressen, Scheren, Stanzen usw. untergebracht sind. Die nicht überbauten Teile dieses Innenhofes dienen der Zulage. Begrenzt wird der Hof im Nordosten von einer neu erbauten, 101 m langen und 20 m breiten Montagehalle, an die sich im Osten Gruppen von einzeln überdachten Maschinen anschließen. Der Außenhof findet für Lager- und Zulageplätze Verwendung. Ganz im Norden der Anlage beim Haupteingang liegen die Bureaus.

Beförderungsanlagen. Hier mündet auch das Anschlußgleis an die Staatsbahn in das Werk ein. Das Verfahren auf den Lager- und Zulageplätzen und z. T. auch in den Hallen erfolgt auf Schmalspurgleisen von insgesamt 3200 m Länge durch Schmalspurwagen, auf den Plätzen auch durch Lokomotivkrane. Von diesen sind fünf Stück auf 5 t und einer auf 10 t geeicht. Ihre Ausladung vom Drehpunkt bis Lasthakenmitte beträgt 5 bis 8 m, die normale Fahrgeschwindigkeit 60 m/Min. Die Bewegung bei allen wichtigeren und häufig beanspruchten Maschinen und die Bewegung der Eisen in der Vorzeichnerei leisten Drehkrane mit beweglicher Säule und Handbedienung von 1 bis 4 t Tragfähigkeit. Die Beizerei ist mit Luftdruckhebezeugen ausgestattet.

Maschinenausstattung. Einen Teil der Betriebskraft erhält das Werk durch zwei Lokomobilen von 175 PS, die in einem Anbau der Hauptwerkstatt aufgestellt sind, den anderen Teil, Drehstrom für die Motoren und Gleichstrom, hauptsächlich für Licht, von dem Elektrizitätswerk der Stadt Dortmund. Eine Folge des ausgedehnten Behälterbaues der Anstalt ist die große Anzahl der Blechbearbeitungsmaschinen. Auf dem nördlichen Lagerplatz bei den Bureaus steht, einzeln überdacht und von zwei Drehkranen bedient, eine doppelte Richtpresse mit Motorenbetrieb von Wagner u. Ko.-Dortmund. Ihre Höhe beträgt 5000 mm, die Breite 4800 mm, die Länge 4000 mm; sie wiegt rd. 32 t. Die Maschine macht 35 Hübe in der Minute, der Stempeldruck beträgt 350 t und wird zum Biegen von großen Profilen bis einschließlich I N. P. 55 benutzt.

Die Schmiede im nordwestlichen Teil der Holzhalle ist ausgestattet mit zwei Dampfhämmern: einem von 600 mm Hub- und einem Fallgewicht von 1 t, einem anderen von 1600 mm Hub- und einem Fallgewicht von 2 t, einem Schwanzhammer und mehreren Glühöfen, deren größter 2,5 m innere Breite und 2,9 m innere Länge aufweist. Gegenüber, an der Nordostseite der Halle, stehen Richtmaschinen, Scheren, Loch- und Hobelmaschinen. Den mittleren Teil der Halle beanspruchen an der Westseite Bohrmaschinen, an der Ostseite Hobelbänke mit Tischbewegung und Blechkanten-Hobelmaschinen mit einer Hobellänge bis 7900 mm. An der östlichen Außenseite der Halle stehen einzeln überdachte Bohr- und Fräsmaschinen. Text-Abb. 12 zeigt eine dieser Bohrmaschinen von C. Klingelhöffer-Grevenbroich. Es ist eine freistehende Radial-Bohrmaschine mit einer Armlänge von 1500 mm. An dem Bohrschlitten sitzt der 4 PS-Motor. Die

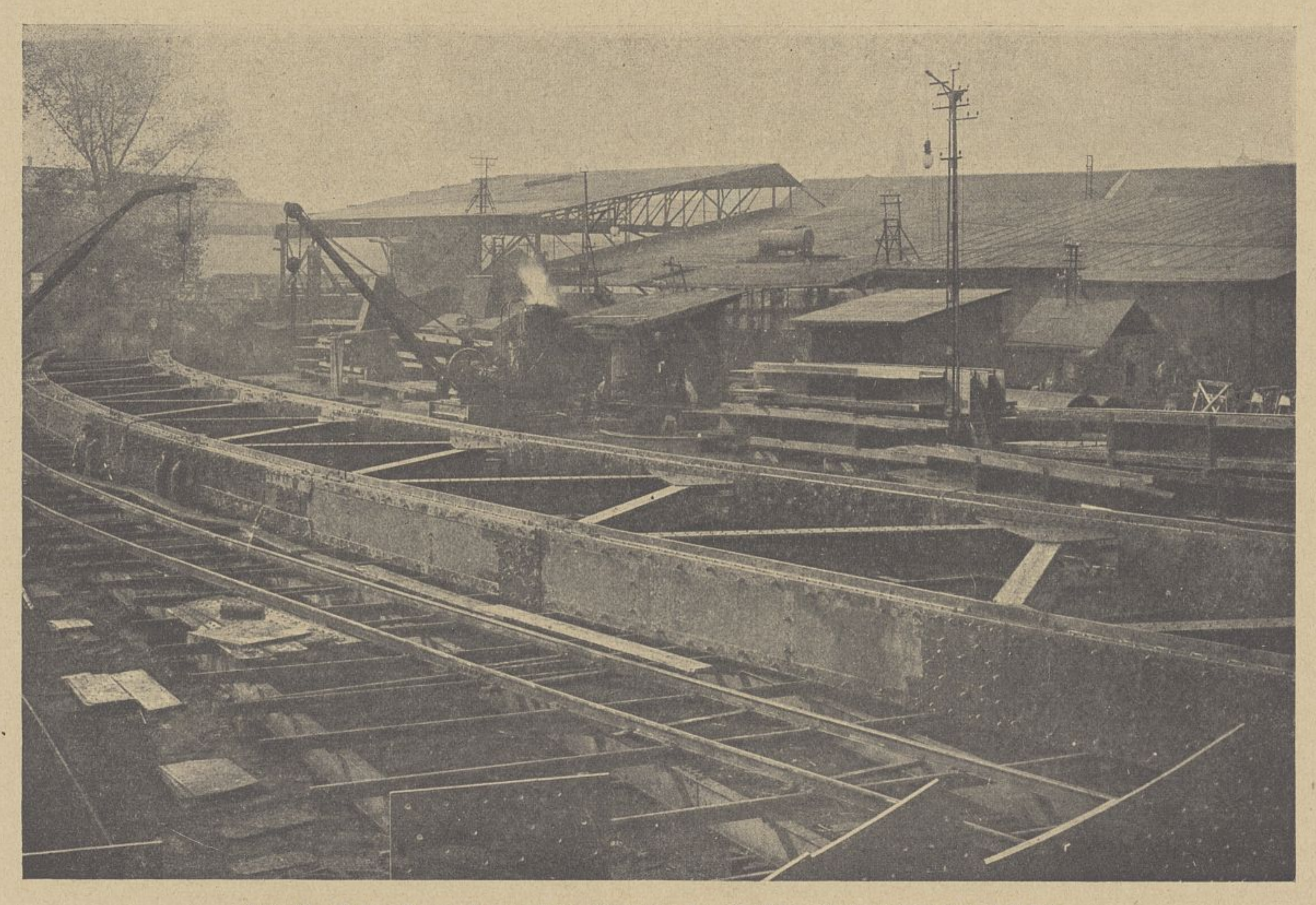


Abb. 16. Halber Bogen des mittleren Oberbaues der nördlichen Rheinstraßenbrücke bei Köln, zugelegt auf dem Lagerplatz der Eisenbauanstalt August Klönne in Dortmund.

Umlaufzahl beträgt 360/Min. Sechsfacher Vorschub ist durch Zahnräder ermöglicht. Gebohrt wird mit Spiral- und Zentrumsbohrer.

Einen ebenso hier aufgestellten Kopffräser zeigt Text-Abb. 10. Der Antrieb erfolgt von der Transmission aus. Die Umlaufzahl beträgt bis 20/Min., der Vorschub bis 100 m/Min. Ganz am südlichen Hofende stehen Blechkanten-Hobelmaschinen, deren größte eine Hobellänge von 8,5 und 10 m haben (vgl. Text-Abb. 11). Die Nietpressen befinden sich in der Montagehalle. Sie hängen beweglich an Kranträgern, die an den Untergurten der Binder laufen. Text-Abb. 14 zeigt eine solche Druckluft-Kniehebelpresse von Pocorny u. Wittekind-Frankfurt. Ihr Gewicht beträgt 1,6 t, die Maultiefe 800 mm, die Maulweite 450 mm, der Kolbendurchmesser 160 mm, die Hublänge 270 mm. Die Kompressorenanlage am Nordende der Montagehalle speist außer den Pressen die Druckluftwerkzeuge in der Halle und auf den Zulageplätzen, die Druckluft-Aufreiber, Hämmer, Abstemmeißel und Nietfeuer. Ein Teil der Niete wird mit der Hand geschlagen.

Das Werk arbeitet nach dem Schablonierverfahren. Bisweilen werden Blechschablonen benutzt. Text-Abb. 16 zeigt einen halben Bogen des mittleren Überbaues der Rheinstraßenbrücke bei Köln auf der Zulage. Der Bogen hat eine Stützweite von 167, 750 m. Parallel dem Ober- und Untergurt sind Gleise für die Lokomotivkrane verlegt worden, die das Zusammen- und Abbauen besorgen.

Gesellschaft Harkort. (Abb. 2 bis 6 Bl. 28 u. 29.)

Gesamtanlage. Die Anlagen der Abteilung für Eisenbau der Gesellschaft Harkort-Duisburg weisen die Gestalt eines langgestreckten Rechteckes auf, das durch die Verbindungsbahn Duisburg-Hauptbahnhof — Duisburg-Bahnhof Hochfeld Süd in Werk I und Werk Ia geteilt wird (Abb. 3 Bl. 28). Werk I umfaßt etwa $^3/_4$ des Flächeninhaltes der Anlage und die drei Hauptwerkstätten: die Richterei, die Bohrerei und die Montagehalle. Quer durch die Mitte von Werk I erstreckt sich von Südosten nach Nordwesten die 1909 erbaute Richt- und Lagerhalle (Abb. 1 bis 7 Bl. 29); sie steht in Verbindung mit der nordöstlich gelegenen Bohrerei, einer älteren, dreischiffigen Halle für Anzeichen-, Bohr- und mechanische Arbeiten; die gleichfalls 1909 erbaute Montagehalle im Westen der Richterei (Abb. 4 bis 6 Bl. 28 und Abb. 8 bis 10 Bl. 29) ist durch die Beizerei mit ihr verbunden. An die Montagehalle lehnt sich im Nordwesten eine mechanische Werkstatt an, in der vorwiegend mechanische Konstruktionsteile der Träger, wie Auflager, Drehbrückenzapfen usw., bearbeitet werden. Mit der Bohrerei ist die Profileisenbiegerei, Hammer- und Kleinschmiede verbunden. Im Südosten liegen die Bureaus, zwei offene Montagehallen und die Lagerplätze mit der Modelltischlerei. Dem Werk Ia ist das Kesselhaus mit den Kompressorenanlagen, sowie eine offene und eine geschlossene Montagehalle vorbehalten. Die Ausstattung der geschlossenen Halle mit Arbeitsmaschinen ist so gewählt,

daß hier die Verarbeitung leichter Konstruktionen in völliger Unabhängigkeit von Werk I erfolgen kann.

Die Umfassungswände der 100 m langen und 32 m breiten zweischiffigen Richt- und Lagerhalle bestehen aus Eisenfachwerk (Abb. 1 bis 7 Bl. 29). Die Dachstühle ruhen in der Mitte auf einem durchlaufenden Träger in der Firstlinie des Daches, der zugleich die Kranbahnen der beiden nebeneinander geschalteten Laufkrane von 15 m Brückenweite trägt und die Druckkräfte an 12,45 m voneinander entfernte Mittelstützen abgibt. Die Belichtung erfolgt durch Dachreiter, die alle 12 m senkrecht zum First stehen, und Verglasung unter der Traufe in Giebel- und Seitenwänden. Die Dacheindeckung zeigt Holzverschalung mit doppellagiger Pappe, der Fußboden der Halle Holzklotzpflaster auf Asphalt und 20 cm dicker Betonschicht. — Gleiche Dacheindeckung und gleichen Fußboden hat die sich anschließende, dreischiffige Bohrerei. Sie ist 160 m lang und 37,65 m breit. In das 18,74 m breite Mittelschiff und nordwestliche, 12 m breite Seitenschiff sind später Kranbahnen eingebaut worden, die im Mittelschiff auf besonderen Stützen, im Seitenschiff auf Konsolen ruhen.

Die Dachkonstruktion der Montagehalle (Abb. 4 bis 6 Bl. 28 und Abb. 8 bis 10 Bl. 29) ruht auch hier in der Mitte der Halle auf einem durchlaufenden Träger, der zugleich die inneren Kranbahnen der parallel geschalteten Brückenkrane stützt und die Drücke alle 10 m an Stützen abgibt. Die Tagesbelichtung erfährt die Halle durch Dachverglasung und Seitenfenster in den Umfassungswänden. Das Dach ist als Stufendach ausgebildet und zeigt parallele Belichtungsflächen.

Beförderungsanlagen und Arbeitswege. Von nicht zu unterschätzender Bedeutung für die umfangreiche Auslandausfuhr des Werkes hat sich seine Lage am Rheinufer und die hierdurch ermöglichte, unmittelbare Verbindung mit den Häfen Antwerpen, Rotterdam und Amsterdam erwiesen. Ein doppelter Bahnanschluß ist vorhanden. Die Normalspurgleise sind sowohl mit der bereits vorhin erwähnten, das Werk durchschneidenden, früheren Bergisch-Märkischen Bahn, als auch mit der Hafenbahn an der Rheinseite, der früheren Rheinischen Bahn, durch Weichen verknüpft. Sie führen in der Richtung der Längenausdehnung durch Werk I, durchqueren die Richthalle und stellen so eine Verbindung beider Bahnen dar. Den Verkehr vom Lagerplatz in die Richthalle und das Verschiebegeschäft der Staatseisenbahnwagen im Werk besorgen zwei Lokomotivkrane. Die Bewegung in den Werkstätten von Werk I und Werk Ia geht z. T. auf kleinen Handwagen und Gleisen von 600 mm Spurweite vor sich. In den Hauptwerkstätten von Werk I stehen Laufkrane zur Verfügnng. Der vom Lagerplatz durch Handwagen oder Lokomotivkrane in die Richthalle geschaffte Rohstoff wird in der Richthalle von einem der 5 t-Krane, die eine Lasthakenhöhe von 9 m zeigen, an die Richtmaschinen verteilt. Die Krane haben, wie alle übrigen Brückenkrane im Werk, 60 m/Min. Laufgeschwindigkeit. Aus der Richthalle in die Bohrerei zum Vorzeichnen, Bohren und zu den dort aufgestellten Arbeitsmaschinen für die Nacharbeiten trägt die Stücke der 5 t-Kran des Mittelschiffes der Bohrerei, der auf 5,5 m vorgekragter Bahn in die Richterei vordringen kann. Seine Hubhöhe beträgt 6 m. Leichtere Stücke wandern aus der Richterei auf Schmalspurwagen in das nordwestliche Schiff der Bohrerei, wo sie vorgezeichnet werden und sich dann zur weiteren Verarbeitung quer zur Hallenachse bewegen. In diesem Seitenschiff besorgt die Lastbewegung ein 5 t-Kran mit 4 m Hubhöhe. Nach Beendigung der Bohr- und Nacharbeiten durchlaufen die Stücke auf dem Wege zur Montagehalle die Beizerei. In der Montagehalle stehen zwei Laufkrane mit 15 und 5 t Tragfähigkeit und einer Lasthakenhöhe von 7,5 m für die Fortbewegung zur Verfügung. Auf Schmalspurgleisen verlassen die absendungsfertigen Stücke die Halle. Zur Verladung auf die Staatsbahn ist ein augenblicklich noch nicht montierter, den Kranen in der Montagehalle parallel geschalteter Laufkran bestimmt, dessen eine Kranbahn auf den südöstlichen Stützen der Montagehalle ruht.

Werk I und Ia sind durch eine Brücke für Personenverkehr und ein Schmalspurgleis für die Werkstoffbeförderung miteinander verbunden. Im Werke Ia stehen auf den Plätzen vier Portalkrane mit Handbetrieb und ein elektrischer Laufkran zur Verfügung. Sie haben eine Tragfähigkeit von 5 bis 6 t und dienen Verlade- und Förderzwecken.

Von den Arbeitsmaschinen seien folgende erwähnt:

In der Richthalle: Zwei Blechrichtwalzen von Beck u. Senkel-Kassel; eine mit nutzbarer Walzenlänge von 3 m und für Bleche bis zu 30 mm Dicke, Walzendurchmesser 400 mm, Antrieb der drei Unterwalzen durch umsteuerbaren 30 PS-Motor, Hub der zwei Oberwalzen durch Handräder, die andere für Bleche bis $1^1/_2$ m Breite und 30 mm Dicke und einem Walzendurchmesser von 300 mm; Antrieb der drei Unterwalzen durch umsteuerbaren 20 PS-Motor, der zwei Oberwalzen durch Handräder.

Profileisenschere von Schulze-Naumann-Köthen, Wellenantrieb: U-, I-, Rund- und Stabeisen; wird ausschließlich für Profileisen für Hochbauten benutzt.

Gebohrt wird nur mit Zentrumsbohrer und Werkzeugstahl. Größte Umlaufzahl etwa 160/Min.

In der Haupthalle: Ein oder zwei Wandbohrmaschinen an den südöstlichen Pfeilern der Bohrerei. Gruppe von sechs Radialstandbohrmaschinen mit 3 m nutzbarer Ausladung und je 7 m Abstand voneinander von Otto Froriep-Rheydt. Bei allen Bohrmaschinen Wellenantrieb.

Aufreibemaschinen. 80 Stück System Keller Nr. 11 von Alfred Schütte-Köln: Gewicht 20 kg. Leistung: Löcher bis 32 mm; 180 Umdrehung/Min. frei umlaufend.

Neben einer Anzahl Stirnflächen-Fräsmaschinen mit Flachmessern zwei von Wagner-Reutlingen mit Außenmessern 1500 mm Hub und Fräsköpfen von 1200 mm und 500 mm Durchmesser; Wellenantrieb.

In der Bohrerei: zwei Blechkantenhobelmaschinen von Froriep-Rheydt (Rheinland): H. L. 12 m mit doppeltem Werkzeugschlitten, lotrechtem Schlittentisch, Wellenantrieb; vier Blechkantenhobelmaschinen, teils Kopf-, teils Langhobelmaschinen, mit einer H. L. von 2 bis 4 m; Hobelbank mit Tischbewegung mit rd. 5 m Hobellänge für schwere Stücke, z. B. genietete Träger für Drehbrücken.

Genietet wird fast nur mit Lufthämmern; Pressen werden augenblicklich nicht benutzt. 40 Lufthämmer von Pokorny u. Wittekind Größe Nr. 2.

Schmiede: Drei Dampfhämmer: Bär 12 Ztr., Hub 600 mm, Bär 6 Ztr., Hub 500 mm, Bär 3 Ztr., Hub 300 mm, 1 Fallhammer mit 4 Ztr.-Bär, eine Dampfschere mit aus-

wechselbaren Messern, je nach der Benutzungsart für Winkel oder Bleche. Leistung: für besonders schwere Stücke.

Hilfsschablonenverfahren bei der Gesellschaft Harkort.

Während bei Anwendung des Schablonierverfahrens Nietteilung und Umrisse auf die Walzeisen, die als Schablonen benutzt werden sollen, durch Vorzeichnen und nur in Ausnahmefällen durch selbständige Schablonen übertragen werden, kommen beim Hilfsschablonenverfahren, wie es z. B. bei der Gesellschaft Harkort-Duisburg üblich ist, Schablonen aus Papier, Holz und Eisen bei manchen Eisenteilen allein zur Anwendung. Sie werden bei Harkort in einem besonderen Bureau, dem Schablonenbureau, angefertigt, dem außerdem noch die Aufgabe zufällt, die Vorzeichnerarbeiten und andere schwierige Arbeiten auf der Zulage zu überwachen und abzunehmen.

Die Hilfsschablonenzeichner, die aus geprüften Technikern und besonders fähigen Arbeitern genommen werden, erhalten vom technischen Bureau die Unterlagen. Irgendwelche Unvollkommenheiten bei den Werkstattzeichnungen ergänzen sie. Die Kontrolle über das Netz, das sie in den meisten Fällen rechnerisch nachprüfen, liegt ihnen ob. Sie rechnen die beim Zulegen erforderlichen Hilfsmaße aus und bestimmen den Arbeitsvorgang beim Zulegen, fertigen die Papierschablonen für die Knotenbleche an, geben die Skizzen für die Schmiedearbeiten, Eisen- und Holzschablonen.

Papierschablonen. Die Hilfsschablonenzeichner beginnen jedesmal mit Auftragen der Schwerlinien, zeichnen dann die Gurte, die Schrägstäbe und Pfosten und endlich das Nietbild und die Umrisse des Knotenbleches. Das Nietbild zeigt auf der Schablone je nach Größe der Nietdurchmesser geometrische Figuren wie Kreise, Dreiecke und Vierecke. Im allgemeinen wird, um den Arbeitern das Auffinden der einzelnen Bleche auf den Papierschablonen zu erleichtern, jedes Blech mit besonderer Farbe umschrieben. Die Nieten, die zu einem Blech gehören, zeigen dann die Farbe des Bleches. — Die Nietentfernung der zur Knotenblechebene senkrechten Gurtteile, z. B. der wagerechten Gurtwinkelschenkel, der Deckbleche und Laschen, werden auf der Papierschablone mit Strichen bezeichnet, neben die die Streichmaße angeschrieben werden.

Die Übertragung der Nietteilung und Umrisse von der Papierschablone auf das Blech geschieht durch kräftigen Hammerschlag auf die auf die Schablone aufgesetzten Körner.

Beim Witterungswechsel, bei dem sich die Dehnung der Papierschablonen am meisten bemerkbar macht — sie kann nach den Erfahrungen des Werkes Harkort bei einer Schablone von $1^1/_2$ m Länge bis 3 mm betragen —, ist den Arbeitern eine Nachprüfung größerer Schablonen zur Pflicht gemacht.

Holzschablonen werden nur bei größerer Stückzahl und hauptsächlich für Profileisen angewendet. Sie bestehen aus Tannenholz. Die Nietteilung wird mit Blei aufgetragen; die Kontrollkreise werden mit dem Kontrollkörner aufgekörnt und die Löcher in Nietdurchmessergröße gebohrt.

Eisenhilfsschablonen werden seltener angewandt und bestehen aus Vierkant und Flacheisen.

Zur Erläuterung des Arbeitsvorganges beim Hilfsschablonenverfahren möge die Arbeitsweise der Werkstatt an dem linksseitigen Überbau der nördlichen Rhein-Eisenbahnbrücke bei Köln ausgeführt werden. Da es sich um einen Zweigelenkbogen von 118,88 m Stützweite handelte, wurde je eine Unter- und Obergurthälfte für sich zugelegt. Im Werkstattbureau waren für den Obergurt mit Hilfe von Koordinaten die Grundlinie 08, die von den Kartenpunkten gefällten Senkrechten 1a, 2b, 3c usw., ihre Abstände voneinander 0a, ab, bc errechnet worden (Abb. 11 Bl. 26). Auf die mit der Wasserwage ausgerichteten Zulageböcke legten die Arbeiter, um die Grundlinie zu ziehen, Bleche oder Universaleisen nebeneinander hin (Abb. 12 Bl. 26). Über diese Bleche wurde ein Draht gespannt und mit Hilfe einer Wasserwage wurden zahlreiche Punkte von dem Draht auf die Blechlagen herunter gelotet. Zuerst wurde mit Kreide, dann mit der Reißnadel auf den Blechen die Gerade 08, das sogenannte Lineal gezogen, auf dem die Teilpunkte *o*, *a*, *b*, *c* abgetragen wurden. Um von dem Lineal aus zu den Knotenpunkten 1, 2, 3, 4 (Abb. 12 Bl. 26) zu kommen, legte man eine vorher nach Schablonen auf Länge gehobelte Blechlage des Obergurtes, die in jedem Stabquerschnitt vorkam, nach Augenmaß auf die Zulagegerüste hin, bestimmte auf ihr mit Hilfe des Stangenzirkels die Knotenpunkte 1, 2, 3, 4 usw. und richtete nach diesen Punkten die Blechlagen aus. Etwaige Ungenauigkeiten bei den Stößen wurden durch Abfeilen behoben.

Die so hingelegten Bleche erhielten, um ein Verschieben zu verhindern, Hilfslöcher, durch die sie miteinander verschraubt wurden. Auf die Stöße legten die Arbeiter die im Schablonenbureau für die Knotenpunkte hergestellten Papierschablonen und körnten Nietteilung und Blechbreiten durch. War das Streichmaß für die Heftniete der Stehbleche durch die Papierschablone nicht gegeben, so wurde es nach der Werkstattzeichnung auf die Bleche aufgerissen. Die Nietentfernung der zur Knotenblechebene senkrechten Gurtteile, die, wie schon erwähnt, auf der Schablone durch Striche bezeichnet war, wurde durchgekörnt und nachher auf den Blechen gleichfalls durch Striche mit der Reißnadel vermerkt. Die Streichmasse dieser Nieten wurden mit Farbe auf die Bleche geschrieben. Nach Auftragung der Nietteilung wurden Knotenbleche und Stehbleche einzeln gebohrt und gehobelt und dienten als Schablonen für die übrigen Löcher der gleichen Position.

Zwecks Auftragung der Nietteilung der Gurtwinkel spannte man sie auf die Stehbleche und körnte die Löcher in der Stehblechebene durch. Die Nietentfernung für die Löcher in der Deckblechebene wurde übergewinkelt. Hierauf wurden die Streichmaße gezogen. Um die Nietabstände für die gebogenen Deckplatten festzulegen, wurde um die Gurtwinkel ein Flacheisen gespannt, auf das die Nietentfernung durchgekörnt und aufgerissen wurde. Das Flacheisen gab nunmehr die Hilfsschablone für die Deckplatte über dem Winkeleisen ab.

Für eine zweite und dritte Deckplatte übermittelte ein zweites und drittes Flacheisen die Nietentfernung. Die Streichmaße für die Deckplatten wurden von den Stehblechen oder den Schablonen abgelesen und aufgetragen.

Die Deckplattenlaschen erhielten die Nietteilung wie die Deckplatten, die Stahlblechlaschen durch Papierschablonen. Nach dem Bohren wurden die Teile zwecks Vernietung ver-

dornt und verschraubt, die Nietlöcher auf rd. 1 mm, die Löcher für die Montagenieten durchnittlich auf 2 mm aufgerieben.

Anhang.

In den Ausführungen über Stanzen und Bohren wurde vorgeschlagen, leichtere Eisenkonstruktionen zu stanzen und die durch Stanzen etwa verminderte Festigkeit durch einen Gewichtszuschlag und durch nachträgliches Aufreiben auszugleichen. Daß eine solche Arbeitsweise wirtschaftlicher ist als das bisher übliche Bohren läßt sich nachweisen. Bei dem nebenstehenden Knotenpunkt (Text-Abb. 17) z. B. würden die Bohrlöcher mit Ausnahme des Futters, das gestanzt werden könnte, meistens einzeln gebohrt werden, so daß hier ein Vergleich der Bohrkosten mit den Stanzkosten ohne weiteres möglich ist.

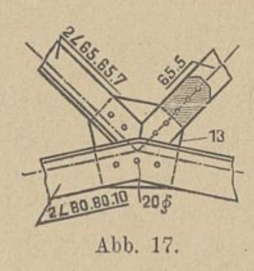


Abb. 17.

Stanzkosten. An Kosten mögen zunächst die Lohnkosten des Stanzarbeiters bzw. des Bohrarbeiters und die Förderkosten zu und von den Stoßmaschinen bzw. Bohrmaschinen erwähnt werden. Die Lohnkosten hängen ab von der Leistungsfähigkeit der Maschine und des Stanzarbeiters. Im allgemeinen dürfen bei einem Nietdurchmesser von 20 mm 8 bis 10 Löcher in der Minute in ein 10 mm starkes Blech gestanzt werden können. Ein Versuch bei der Schlesischen Montangesellschaft bestätigte ungefähr diese Annahme. Bei einem Stundenlohn eines geübten Arbeiters von 1 Mark und bei 9 Löchern in der Minute würde das Loch $1:60:9=0{,}0018$ Mark kosten. Bei etwa 1000 Nietlöchern für die Tonne fertiger Eisenkonstruktion kostete demnach die Stanzarbeit 1,80 Mark Arbeitslohn.

Förderkosten zu und von der Stanze. Die Höhe der Förderkosten in den einzelnen Werken ist sehr verschieden. Sie richtet sich nach den vorhandenen Förderanlagen und nach der Aufstellung der Maschinen. Die Bewegung erfolgt zumeist durch Krane, Schmalspurwagen und von der Hand.

Ist ein Brückenkran von größerer Spannweite vorhanden, der die Querbewegung von den Sägen und Fräsmaschinen zum Längsförderweg in der Werkstatt besorgt, den Längsförderweg leistet und zugleich auch die Querbewegung zu den Stoßmaschinen, so wird die Bewegung wesentlich billiger, als wenn die Längsbewegung auf Schmalspurwagen und die Querbewegung von Hand erfolgt. In den Brückenbauanstalten sind für leichtere Konstruktionen meistens Krane nicht vorhanden oder bei vollbeschäftigter Werkstatt nicht frei. Nimmt man Beförderung auf Wagen an und rechnet für das Aufladen für 1 t Eisen eingeschlossen eine Querbeförderung 1 Arbeitsstunde zu 0,80 Mark, für eine Längsbewegung von etwa 30 m $^1/_2$ Stunde und für Abladen und eine Querbewegung 1 Arbeitsstunde, so kostet die Bewegung in der Werkstatt zu den Stoßmaschinen für die Tonne 2 Mark. Für die Fortbewegung zur Nieterei kann die gleiche Summe veranschlagt werden. Diese Kosten dürften nicht zu hoch gegriffen sein, zumal da vielfach Konstruktionsteile von nur wenigen Zentnern Gewicht bewegt werden müssen, damit ständig volle Beschäftigung der Arbeitskräfte bei den Maschinen gewährleistet ist.

Bohrkosten. Bei einer Umlaufzahl von 200/Min., einem Vorschub von 0,15 mm/Min., die etwa einem 20 mm starken Niet entsprechen würden, würden 30 mm/Min. gebohrt werden. Bei einem 10 cm starken Winkelschenkel wären demnach 20 Sekunden Arbeitszeit erforderlich; für Einspielen und Rücklauf und Kühlung des Bohrers etwa 20 Sekunden, so daß drei Bohrlöcher in zwei Minuten geleistet würden. Ein Versuch bei der Schlesischen Montangesellschaft bestätigte ungefähr diese Annahme. Wird mit einem Stundenlohn von 1 Mark gerechnet, so ergeben sich an Lohnkosten 0,011 Mark für ein Bohrloch. Nimmt man überschlägig für die Tonne 1000 Bohrlöcher an, so entstehen Lohnbohrkosten von 11 Mark für die Tonne.

Förderkosten von und zu den Bohrmaschinen. Bei der Berechnung der Förderkosten von und zu den Bohrmaschinen muß berücksichtigt werden, daß 9 Bohrlöcher in der Minute gestanzt und 1,5 gebohrt werden können. Eine Stanze dürfte etwa mit den Zufuhrwegen, Arbeits- und Lagerplätzen bei der Maschine etwa 30 qm Platz in der Werkstatt beanspruchen; eine Bohrmaschine etwa 20 qm, da Serienbohrmaschinen hier nicht in Frage kommen. Die Bohrmaschinen beanspruchen deshalb $6 \cdot 20/30$, also den vierfachen Platz in der Werkstatt und deshalb auch ungefähr die vierfachen Bewegungskosten, die die Stanzarbeit beansprucht, nämlich 16 Mark für die Tonne. Das Verhältnis erscheint aber noch ungünstiger, wenn man sich vergegenwärtigt, daß aus Platzersparnisgründen in der Werkstatt zumeist Wandbohrmaschinen für die Verarbeitung leichterer Stücke Verwendung finden, die eine feste Montage an massiven Eisenkonstruktionen bedingen und deshalb in Pfeilerabständen voneinander montiert werden.

Die Lohn- und Förderkosten für die Bohrarbeit betragen demnach $11+16=27$ Mark für die Tonne; die für die Stanzarbeit $1{,}90+4=5{,}80$ Mark. Zu den Kosten für die Stanzarbeit käme noch ein Gewichtszuschlag von 3 vH., der bei 200 Mark Tonnenkosten 6 Mark betragen würde. Den Bohrkosten von 27 Mark stehen demnach Stanzkosten von 11,80 Mark gegenüber.

Aufreibekosten kommen bei einem Vergleich zwischen Bohr- und Stanzarbeit nicht in Frage, weil in beiden Fällen aufgerieben wird. Nach dem Bohren wird aufgerieben, weil sich bei einzeln gebohrten Stücken Abweichungen bis etwa 3 mm von den vorgekörnten Lochmitten nicht vermeiden lassen. Nach den Normalbedingungen sind aber Verschiebungen von nur 5 vH. des Lochdurchmessers zulässig; bei einem 20 mm starken Niet also nur bis 1 mm.

Außer den Lohn- und Förderkosten sind noch folgende Kosten von Bedeutung: Kosten für den Kraftverbrauch, Tilgungskosten für die Maschinen, Tilgungskosten für den von den Stanz- und Bohrmaschinen und den zugehörigen Zufuhrwegen beanspruchten überbauten Raum, Tilgungskosten für den Grunderwerb für diesen Raum, Beleuchtungs- und Beheizungskosten für diesen Raum, Tilgungskosten für die von und zu den Bohr- oder Stanzmaschinen beanspruchten Fördermittel. Eine Berechnung dieser Kosten erübrigt sich aber deshalb, weil ohne weiteres ersichtlich ist, daß in der Werkstatt an Stelle einer Stanzmaschine sechs Bohrmaschinen benötigt werden und demnach die zuletzt erwähnten Kosten für die Bohrarbeit ein Vielfaches der Kosten für die Stanzarbeit betragen.

Es bleibt noch zu erörtern, ob bei der beispielsweise angeführten Dachkonstruktion beim Stanzen auch wirklich

durch den Gewichtszuschlag und durch das nachträgliche Aufreiben Gewähr für gleiche Festigkeit der Konstruktion wie beim Bohren gegeben ist. Da darf zunächst daran erinnert werden, daß z. B. beim Kesselbau und Schiffsbau im allgemeinen Bohren nicht üblich ist und hier die Stanzarbeit in keiner Weise der Güte nach geringer bewertet wird. In den Vereinigten Staaten ist sie sogar beim Brückenbau mit und ohne Gewichtszuschlag und mit und ohne Aufreiben teilweise zugelassen. Bisher ist außerdem ein einwandfreier Nachweis für eine Verschlechterung der Konstruktion durch Stanzen bei weichem Flußeisen nicht bekannt geworden. Aber selbst bei näherer Betrachtung der Wirkung des Gewichtszuschlages ergibt sich bei dem angeführten Beispiel, daß eine wesentliche Verschlechterung nicht eintritt. Bei dem angeführten Beispiel würde an Stelle des Winkeleisens von 80·80·10 bei einem 3 vH. Zuschlag etwa ein solches von 90·90·9 also mit 40 qmm größerer Querschnittsfläche, treten. Die Gefügeveränderung beim Stanzen dürfte bei dem 9 mm starken Winkelflansch durchschnittlich 3 mm von dem Lochumfange entfernt wirkend angenommen werden. In der Nähe der Schnittflächen des Lochzylinders mit den Oberflächen des Flansches tritt sie weniger, bei der Mitte des Zylinders mehr in Erscheinung. Sie beträgt (26 — 20)·9 = 54 qmm.

Diese 54 qmm des Querschnittes könnten eine schwer feststellbare Verminderung ihrer Festigkeit erfahren haben, die aber sicherlich, da es sich nur um eine Verminderung handelt, durch die 40 qmm größere Querschnittsfläche ausgeglichen werden dürfte. Ein weiterer Ausgleich der Festigkeitsverminderung wird durch nachträgliches Aufreiben von etwa $1^1/_2$ bis 2 mm geboten werden.

Inhalt.

Das Verkehrswesen von Lille.

Von Professor Dr.-Ing. Blum in Hannover.

Einleitung.

Die Stadt Lille gehört mit ihren nur rund 10 km entfernten Nachbarstädten Roubaix und Tourcoing und mit dem reichen Kranz der kleineren Orte ihrer Umgebung zu den wichtigsten und zu den dichtest besiedelten Bezirken Frankreichs; der „Génie civil“ spricht von der „agglomération unique en France et peut-être en Europe que forment les trois centres industriels si importants de Lille, Roubaix et Tourcoing“. Es verlohnt sich daher, die Verkehrsanlagen dieser Städtegruppe im Zusammenhang zu skizzieren.

Geschichte und Bevölkerung.

Lille gehört politisch zu Frankreich, seiner Bevölkerung und seiner Geschichte nach ist es aber stark flandrisch; das gleiche gilt von den noch näher am belgischen Flandern liegenden Städten Roubaix und Tourcoing.

Die ältesten Nachrichten über Lille führen bis in die letzten Zeiten der Römer zurück; ein Schloß, von Wasser umgeben — wie man sie in Flandern so zahlreich findet —, soll der Stadt den Namen „Insel“ gegeben haben. Stadt und Umgebung gehörte den Grafen von Flandern. Im Jahre 1054 fiel es zum erstenmal an Frankreich, an Heinrich den Dritten, aber nur auf kurze Zeit, da es von Flandern bald wieder genommen wurde. Das Jahr 1213 brachte der Stadt drei Belagerungen, eine weitere Belagerung fällt in das Jahr 1297. Mit dem übrigen Flandern ging Lille in die österreichisch-spanische Herrschaft über, die zunächst bis 1667 dauerte. In diesem Jahr nahm Ludwig der Vierzehnte die Stadt nach schwerer Belagerung und ließ sie von Vauban befestigen; die damals geschaffene Umwallung und die Zitadelle bestehen zurzeit teilweise noch, haben aber keinen militärischen Wert mehr. Im Jahre 1708 wurde die Stadt (im spanischen Erbfolgekrieg) von den Österreichern unter Prinz Eugen belagert und nach heldenmütiger viermonatiger Verteidigung genommen; aber der Friede von Utrecht lieferte die Stadt 1713 wieder an Frankreich aus. Im Jahre 1792, im ersten Revolutionskrieg,

erduldete die Stadt ihre schrecklichste, aber auch berühmteste Belagerung; 7000 Verteidiger — ohne die heldenmütig mitkämpfende Bevölkerung — kämpften gegen 34000 Belagerer (Österreicher) und hielten sich, bis Dumouriez sie nach den Kämpfen bei Valmy entsetzte. Die französische Republik ehrte die Stadt für ihren Heldenmut durch einen besonderen Beschluß der Gesetzgebenden Körperschaft; zum Zeichen dessen wurde 1842 auf der Grande Place ein Denkmal — eine Säule mit der Statue der Republik — errichtet.

Es ist also ein heißumstrittener Boden, auf dem Lille steht, und die Bewohner Lilles haben rühmlich für ihre Stadt mitgekämpft — manches Jahrhundert gegen die Franzosen, dann aber für die früheren Feinde. Von der städtischen Bevölkerung haben sich besonders die „Kanoniere von Lille“ ausgezeichnet. Im Jahre 1483 wurde die Gilde (Zunft) der Kanoniere durch eine von der Stadt gegebene Verfassung gegründet, sie hat dann mit Kaiser Maximilian ruhmvoll gegen Frankreich gekämpft, hat 1644 einen französischen Angriff abgewehrt und hat sich 1667 bei der Belagerung der Stadt durch Ludwig den Vierzehnten so hervorgetan, daß der große König nach der Einnahme der Stadt seine Feinde besonders ehrte. Dadurch machte er sich die Kanoniere so zu Freunden, daß diese schon 1708 für ihre früheren Feinde kämpften. Als im Jahre 1742 alle anderen Bürgerwehren in Frankreich aufgehoben wurden, blieb die Gilde der Kanoniere bestehen und sie hat dann auch an der Verteidigung von 1792 den Hauptanteil getragen. Erst Napoleon löste die Gilde 1809 auf, zeichnete sie aber durch Errichtung eines Ehrentores aus. Die Bevölkerung Lilles ist stark flämisch. Die städtische Bevölkerung ist allerdings jetzt, wie die Brüssels, so reichlich französisch übertüncht, daß man den flämischen Kern kaum erkennen kann; in der Stadt sprechen nicht nur die gebildeten, sondern auch die mittleren Volksschichten französisch, die unteren Schichten sprechen das Französisch aber recht unvollkommen und verstehen flämisch oder können sich wenigstens mit dem vom Land hereinkommenden Flämen mittels eines Platts verständlich machen. Auf dem Land wird noch viel Flämisch gesprochen, jedenfalls viel mehr, als man nach den Angaben der französischen Werke und Atlanten annehmen könnte.[1]) Mehr noch als in der Sprache kommt in den Gestalten und der Gesichtsbildung das Altflandrische zum Ausdruck; das sind keine kleinen zierlichen Franzosen, sondern urkräftige, harte Arbeit gewohnte, aber auch schwelgender Lebensfreude nicht abholde Gestalten, wie sie Hals, Jordaens und die anderen Niederländer verewigt haben. Alljährlich wandern noch viele tausend Flämen aus Belgien in die Industriegebiete Lilles ein, da die französische Bevölkerung nicht imstande ist, den Bedarf der Industrie an Arbeitskräften zu decken. Der Verbrauch an Menschen dürfte außerdem recht hoch sein, da die gesundheitlichen Einrichtungen der Stadt nicht auf der Höhe sind, und da die Gewerbebetriebe vieler Einrichtungen entbehren, die wir für die Gesunderhaltung, den Schutz und die Reinlichkeit der Arbeiter für unentbehrlich halten.

Die heutige französische Provinz Flandern und ihre Nachbargebiete fielen in einzelnen Teilen in nachstehender Reihefolge an Frankreich: 1598 Calais; 1659 (Friede der Pyrennäen) Gravelines, Bourbourg, St. Venand; 1678 (Friede von Nymwegen) Ypres sur Omer, Aire, Condé, Bouchain, Valenciennes; 1713 (Friede von Utrecht) Lille, Douai.

1) Die deutschen Soldaten haben sich in der Umgebung Lilles gut verständlich machen können; dagegen haben vielfach die Bewohner nicht auf Französisch Auskunft erteilen können, wenn sie über Dinge befragt wurden, die über das Alltägliche hinausgingen.

Wirtschaftliche Kräfte.

Lille ist bezüglich seiner wirtschaftlichen Kräfte zunächst als Mittelpunkt des nordwestlichen Industriebezirks Frankreichs zu würdigen. Insgesamt rechnet die französische Wirtschaftsgeographie mit fünf Industriebezirken, nämlich den Bezirken:

Nord (vom Kanal bis Charleville),
Paris (Umgebung der Hauptstadt),
Normandie (am Kanal entlang),
Ost (an der luxemburgisch-deutschen Grenze entlang),
Lyonnais (nordwestlich von Lyon).

Diese Bezirke liegen also mit Ausnahme des letztgenannten im Norden Frankreichs, zwischen Belgien — Luxemburg — Deutschland einerseits und der Seine anderseits.

Wie sehr das gesamte gewerbliche Leben Frankreichs in dem nördlichen Teil des Landes vereinigt ist, ergibt sich aus folgenden Zahlen:

Das während des Krieges bis zum großen „Schützengraben“ besetzte Gebiet Frankreichs umfaßte nach Ermittlungen von Dr.-Ing. Schroedter (Stahl und Eisen 1914 Nr. 7) in Hundertsteln der Gesamtlandeserzeugung:

65 vH. der Förderung der Bergwerke und der Steinbrüche,
69 vH. der Förderung von Kohlen,
78 vH. der Erzeugung von Koks,
90 vH. der Förderung von Eisenerz,
86 vH. der Erzeugung von Roheisen,
76 vH. der Erzeugung von Rohstahl,
47 vH. der Erzeugung der Nahrungsmittelindustrie,
69 vH. der Erzeugung der Textilindustrie.

Das nordwestliche Gebiet erzeugt vor allem Textilwaren, Kohlen, Chemikalien, Maschinen, Eisenkonstruktionen und verarbeitet außerdem viele landwirtschaftlichen Erzeugnisse. Welche Bedeutung es insbesondere für die Kohlenförderung hat, ergibt sich aus folgenden Zahlen, die dem Jahr 1912 entsprechen, weil die Kohlenerzeugung im Jahre 1913 einen geringen Rückgang zeigte. Im Jahre 1912 betrug

die Erzeugung in Frankreich . . .	40394000 t
die Einfuhr aus England	10191000 t
die Einfuhr aus Deutschland . . .	3058000 t

Die Erzeugung der einzelnen Kohlenbecken Frankreichs betrug 1912 an Steinkohlen:

Becken von Valenciennes	27730000 t
„ „ Saint Etienne	3778000 t
„ „ Alais	2092000 t
„ „ Le Creusot	1967000 t
„ „ Aubin	989000 t
alle anderen Becken zusammen . . .	3837000 t
zusammen	40393000 t

Außerdem wurden 751000 t (1913: 793000 t) Braunkohlen gefördert.

Das Becken von Valenciennes ist also der weitaus wichtigste Kohlenbezirk Frankreichs, da er 70 vH. der gesamten französischen Kohlenförderung stellt. Erwähnt sei noch, daß die Bevölkerungsdichte im Departement Nord

325 Einwohner auf 1 qkm gegenüber 73 im Durchschnitt des ganzen Frankreich beträgt.

Was nun die Bedeutung Lilles und seiner näheren Umgebung in wirtschaftlicher Hinsicht anbelangt, so darf bei Betrachtung der wirtschaftlichen Kräfte zunächst die Landwirtschaft nicht übersehen werden. Die Umgebung Lilles ist äußerst fruchtbar; außer Getreide werden Gemüse, Ölfrüchte, Tabak und Zuckerrüben gebaut, vielfach zeigt das dicht bevölkerte Land ganz bedeutenden Gartenbau mit groß angelegten Be- und Entwässerungsanlagen. Auch die Vieh- und Geflügelzucht ist hochentwickelt. Auf der Landwirtschaft beruht ein Teil der Industrie Lilles, besonders die Zucker-, Öl- und Biererzeugung, sie bildet ursprünglich auch den Ausgangspunkt für die Leinen- und Tabakindustrie.

Ausschlaggebend für die Entwicklung von Lille und Umgebung zum großen Industriemittelpunkt war die Pflege der Textilindustrie durch die flandrischen Grafen und Bürger; Lille hat von Anfang an an dem Aufblühen der flandrischen Gewerbe teilgenommen, die einst die bedeutendsten der Welt waren, und auch heute noch werden bestimmte Textilwaren in erster Linie in Lille und seiner Umgebung hergestellt, darauf deuten z. B. auch die Bezeichnungen, wie „Articles de Roubaix", „Spitzen von Valenciennes".

Im Gefolge der Spinnereien und Webereien und all der Fabriken, die Stoffe, Tücher, Bänder. Sammete, Spitzen usw. herstellen, sind dann Maschinenfabriken entstanden, welche die für diese Gewerbe erforderlichen Maschinen nebst Kraftanlagen herstellen. Hieraus wieder dürfte sich die Maschinenindustrie entwickelt haben, die dem Eisenbahnbedarf (Lokomotiven und Wagen), ferner der Armee und Marine dient und die weiterhin Maschinen aller Art baut. Lille ist Sitz einer der größten Maschinenbauanstalten Frankreichs, der rund 3000 Arbeiter beschäftigenden Compagnie des Fives-Lille. Neben den anderen Industrien hat sich das chemische Gewerbe hochentwickelt, insbesondere ist die Aktiengesellschaft Kuhlmann zu nennen, die mehrere große chemische Fabriken in Lille betreibt. Die hochentwickelte Landwirtschaft und Industrie hat in Verbindung mit der günstigen geographischen Lage weiterhin den Handel stark befruchtet; Lille ist Zentrum des Handels für Textilerzeugnisse und für Korn.

Zur Kennzeichnung der wirtschaftlichen Kräfte Lilles muß noch kurz erwähnt werden, daß es Sitz einer Universität, einer Kunstakademie und einer Kunst- und Gewerbeschule ist. Außerdem galt es als Waffenplatz ersten Ranges und war Standort eines Generalkommandos und erheblicher Truppenmassen.

Das über die wirtschaftlichen Verhältnisse Lilles Gesagte gilt auch von seinen beiden Schwesterstädten Roubaix und Tourcoing.

Um einen Überblick über die Größe der Bevölkerung von Lille und Umgebung zu geben, sind in Zusammenstellung I die größeren Gemeinden mit ihrer Einwohnerzahl aufgeführt.

Zusammenstellung I.

Bevölkerung von Lille und Umgebung.

Lille	215 000	
Madeleine	14 000	
Marcq en Bareul	12 000	
St. Maurice	30 000	271 000
Übertrag:	271 000	
Hellemes	11 000	
Loos	11 000	
Haubourdin	10 000	
Lomme	10 000	
Weitere Orte zus.	32 000	
Lille und nähere Umgebung zus.	345 000	345 000
Roubaix	124 000	
Tourcoing	80 000	
Wattrelos	25 000	
Croix	16 000	
Weitere Orte zus.	33 000	
Roubaix, Tourcoing und deren nähere Umgebung zus.	278 000	278 000
Armentières		33 000
Weitere Orte		44 000
		700 000.

Einschließlich Armentières kann also das Wirtschaftsgebiet Lille — Roubaix — Tourcoing zu 700 000 Einwohnern gerechnet werden; man müßte aber auch noch den dicht besiedelten belgischen Grenzstreifen von Warneton über Menin — Mouscron auf Tournay zu mitbewerten.

Die Verkehrslage von Lille. (Vgl. Abb. 1 und 2.)

In der Verkehrslage Lilles treten uns bestimmte Vorzüge und Nachteile entgegen, auf deren wichtigste hier kurz hingewiesen sei; mit einzelnen von ihnen werden wir uns noch bei der Besprechung der einzelnen Verkehrsanlagen zu beschäftigen haben.

Die Lage zum Meer, die früher, als die Schiffe klein waren, nicht ungünstig war, kann heute nicht mehr als günstig bezeichnet werden. Lille liegt allerdings nur etwa 60 km vom Meer entfernt und ist mit dem Meer durch Binnenwasserstraßen verbunden. Die dort am Meer liegenden Häfen Calais, Dünkirchen, Ostende sind aber im Zeitalter der Ozeanriesen zu Häfen herabgesunken, die nur noch örtliche Bedeutung haben und für die Übersee-, Ein- und Ausfuhr eines Industriebeckens von der Bedeutung des Liller Gebietes kaum mehr in Frage kommen. Je mehr die Ozeandampfer an Größe zunahmen, desto mehr ist Antwerpen der wichtigste Seehafen für Lille geworden, mit diesem Hafen ist Lille aber nur durch eine recht lange Binnenwasserstraße verbunden, die nur Schiffe von 280 Nutzgewichtstonnen tragen kann.

Günstig ist für Lille die Lage in einem seit dem Mittelalter her hochkultivierten nnd dichtbesiedelten Gebiet, dessen Bevölkerung flandrische Zähigkeit und Kraft besitzt und in einer glücklichen Weise aus Bauern und gewerblichen Arbeitern gemischt ist; auch heute noch stammt ein großer Teil der Industriearbeiter in der ersten Generation von Bauern ab, und viele Arbeiter sind im Nebenberuf Kleinbauern, die auf dem Land wohnen und zur Arbeit in die Städte fahren.

Ungünstig ist die politische Grenze, die sich in einem Abstand von nur 15 km in einem Halbkreis nördlich um Lille herumzieht; hierbei sind die Zollschranken weniger wichtig als der weiter unten erörterte ungünstige Einfluß auf die Eisenbahnen und die Eisenbahnpolitik.

Von hoher Bedeutung ist die Nähe der mineralischen Schätze. In erster Linie sind hier die Kohlen zu nennen. Nur 10 km südlich von Lille beginnen die nordfranzösischen Kohlenfelder, die sich von Bethune bis zur belgischen Grenze hinziehen. Die dort gewonnene Kohle wird

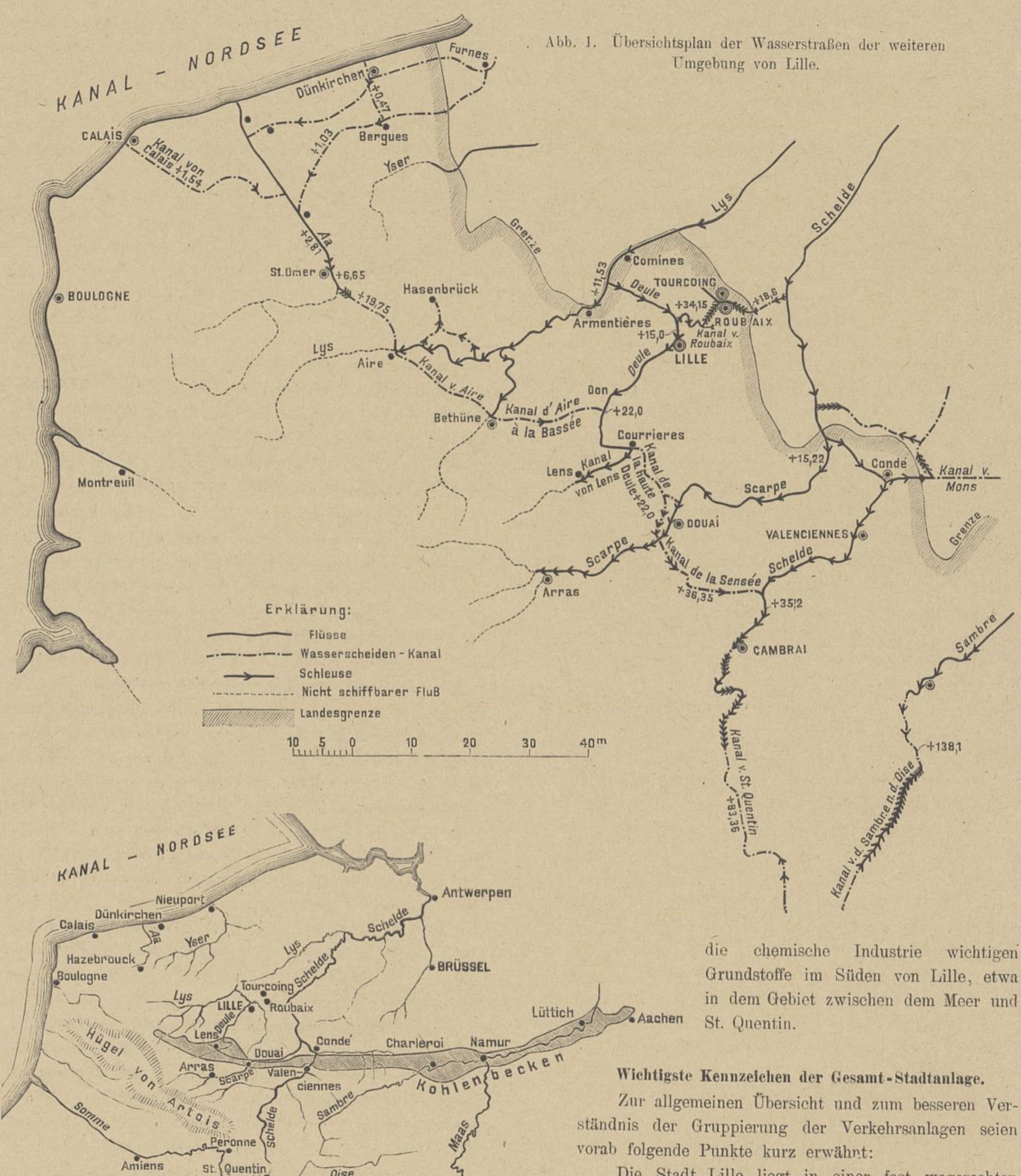


Abb. 1. Übersichtsplan der Wasserstraßen der weiteren Umgebung von Lille.

Abb. 2. Flüsse und Kohlenvorkommen von Nordfrankreich-Belgien.

Lille zu einem erheblichen Teil auf dem Wasserweg zugeführt, und zwar von Lens, Bethune, Douai her auf der Deule, von Condé her dagegen über die Scarpe—Schelde und den Kanal, der Lille über Roubaix mit der Schelde verbindet. — Von Bedeutung ist ferner das Vorkommen gewisser für die chemische Industrie wichtigen Grundstoffe im Süden von Lille, etwa in dem Gebiet zwischen dem Meer und St. Quentin.

Wichtigste Kennzeichen der Gesamt-Stadtanlage.

Zur allgemeinen Übersicht und zum besseren Verständnis der Gruppierung der Verkehrsanlagen seien vorab folgende Punkte kurz erwähnt:

Die Stadt Lille liegt in einer fast wagerechten Ebene; die einzige wichtige Senkung bildet das Tal der Deule, das die alte Stadt auf der NW-Seite von SW nach NO hin begrenzt; Erhebungen finden sich im Süden und im Osten, an beiden Stellen liegt der höchste Punkt (und auf ihm ein Hochbehälter der Wasserversorgung) aber nur rund 20 m höher als die Straßen der Stadt. Nach Roubaix steigt das Gelände ebenfalls an; am kennzeichnendsten findet dies in den sieben Schleusen seinen Ausdruck, mit denen der Kanal von der Deule nach Roubaix von + 15 auf + 34 ansteigt, um hinter (östlich von) Roubaix in sechs Schleusen wieder auf + 18,6 nach der Schelde abzufallen.

Dem Lauf der Deule entsprechend spielt sich der Schiffsverkehr nach Abb. 4 im Westen der Stadt ab, während der Eisenbahnverkehr den Osten beherrscht. Im Osten liegen nämlich der Personen-, der Hauptgüter- und der Verschiebebahnhof, im Osten liegt auch die Eisenbahnhauptwerkstatt und (nach Nordosten hin) der im Entstehen begriffene Verschiebebahnhof Rougebarre.

Die Eisenbahnen bleiben aber nicht auf den Osten beschränkt, die Linien umgürten vielmehr die gesamte Stadt: ein „Außenring" liegt außerhalb der Festungswälle, er führt vom Hauptbahnhof südlich herum nach Haubourdin, wendet sich hier nach Nordosten (nach Lambersat) und führt über St. André — Madeleine — Rougebarre zum Hauptbahnhof zurück; alle in Lille einmündenden Eisenbahnlinien sind in diesen Ring eingeführt. Ein südlicher Innenhalbring liegt vom Hauptgüterbahnhof ab auf der Innenseite des Festungswalles und führt im Westen bis zur Deule gegenüber der Zitadelle; der Innenring dient nur dem örtlichen Güterverkehr, er ist eingleisig und liegt durchweg in Straßenhöhe, meist auch unmittelbar im Straßenpflaster.

Mit dieser Kennzeichnung der Höhenverhältnisse und der Lage der Wasserstraße und der Eisenbahnen sind auch die wichtigsten Züge für die Stadtanlage gegeben. Sie werden aber durch ein weiteres Kennzeichen ergänzt, das das sinnfälligste ist, früher auch das wichtigste war, nun aber an Bedeutung immer mehr verliert. Es ist dies die Umwallung. Sie gibt der Innenstadt einen dreieckförmigen Grundriß mit nach außen etwas geschwungenen Seiten; in der Westseite liegt die sternförmige Zitadelle. Die von der Umwallung umschlossene Innenstadt ist nur in ihrem nördlichen (nordöstlichen) alten Teil eng und winklig gebaut; der südliche (südwestliche) Teil, etwa von dem von NW nach SO verlaufenden Boulevard de la Liberté ab, ist dagegen recht weiträumig angelegt. Es ist dies erklärlich, wenn man sich die Bevölkerungszunahme vergegenwärtigt. Lille hatte nämlich

1801 eine Bevölkerung von nur 55 000,
1851 „ „ „ „ 75 000,
dagegen 1910 „ „ „ 215 000 Einwohner.

Der neue Stadtteil ist im wesentlichen erst nach 1860 ausgebaut, also in einer Zeit, in dem man auf Weiträumigkeit großen Wert legte; er zeigt die dem damaligen französischen Städtebau eigentümlichen Züge: sehr lange gerade Straßen, breite „Boulevards", geometrische Platzformen.

Das vor der Umwallung offen gehaltene freie Schußfeld ist fast überall noch zu erkennen; die Vororte beginnen also erst jenseit dieser freien Zone, nur an einzelnen Stellen sind die Lücken fast zugebaut. Für den Verkehr der Innenstadt nach Außen ist die Umwallung an manchen Stellen kein Hindernis mehr, da zahlreiche gute Straßen mit Straßenbahnen durch die Festungstore hinausführen, wohl aber hat sich der „Außenring" der Eisenbahn teilweise als Hindernis erwiesen, da Schienenkreuzungen zwischen Eisenbahn und Straßenbahnen seit einer Reihe von Jahren nicht mehr zugelassen werden.

A. Die Wasserstraßen.

Lille liegt in einer ausgesprochenen Ebene, die den westlichen Teil der großen belgisch-niederrheinischen Tiefebene bildet und im Nordwesten und Südosten zwei deutliche Grenzen zeigt: das Meer von Calais nach der Rheinmündung und den südlich der Sambre — Maas aufsteigenden Höhenrand der Ardennen (an dem Charleroi — Namur — Lüttich liegen). Beide Grenzen laufen beinahe parallel zueinander von WSW nach ONO. In südwestlicher Richtung wird die Ebene durch die Hügel von Artois begrenzt, die von Calais nach St. Quentin verlaufen und das Seinebecken begrenzen.

Die Flüsse im Gebiet Lilles fließen aber nicht etwa von SO nach NW von den Ardennen her senkrecht auf die Küste zu; dieser („natürlichen") Richtung folgt vielmehr nur die Aa; die anderen Flüsse — Yser, Lys, Deule, Scarpe, Schelde — entspringen dagegen am Nordostrand der Hügel von Artois und verlaufen von WSW nach ONO, sie fließen also gleichlaufend zur Küste und sie vereinigen sich, außer der Yser, die selbständig zum Meer geht, vor Antwerpen in der Schelde. Denselben Verlauf zeigen auch die andern Flüsse Belgiens (Dendre, Senne, Dyle) und vor allem auch die Sambre-Maas, letztere von Namur ab, wohin sie von Süden her durch die Ardennen durchbricht. Der natürliche Zug des Binnenwasserstraßenverkehrs geht also von Lille aus nicht etwa in nordwestlicher Richtung unmittelbar zum Meer, sondern in nordöstlicher Richtung auf großem Umwege über Antwerpen zum Meer und zum Niederrhein.

Für die Gestaltung der Wasserstraßen ist ferner von großer Bedeutung, daß südöstlich von Lille die vier Flüsse Schelde, Sambre, Somme und Oise nahe beieinander entspringen und nur durch niedrige Wasserscheiden voneinander getrennt sind. Auch die Wasserscheiden zwischen Aa, Yser und Lys und die zwischen Deule und Schelde sind sehr flach. Demgemäß war es mit verhältnismäßig geringen Mitteln möglich, fast alle Flüsse untereinander durch Kanäle zu verbinden. Das Küstenland liegt nicht wesentlich über dem Meeresspiegel, die Flüsse Yser, Lys usw. müssen daher gegen die Flut abgesperrt werden, während sie bei Ebbe nach dem Meere abgelassen werden. — Werden die Ausflüsse bei Ebbe nicht geöffnet, so entstehen jene Überschwemmungen des hinter dem Dünengürtel liegenden Torf- und Alluvialgebietes, mit denen unsere Feinde das deutsche Heer aufgehalten haben, — Überschwemmungen, wie sie schon 1570 und 1700 zur Abwehr des Feindes künstlich hervorgerufen worden sind.

Auf Grund der zahlreichen Flüsse und der flachen Beschaffenheit des Landes ist im Laufe der letzten Jahrhunderte ein weit verzweigtes Binnenwasserstraßennetz ausgebildet worden, das man für Lille etwa in folgende Gruppen gliedern kann:

1. Wasserstraßen (natürliche und kanalisierte Flüsse), die von den Hügeln von Artois nach der Lys und durch diese und die Schelde nach Antwerpen, dem Meere und dem Niederrhein führen;
2. Wasserstraßen, die von Lille bzw. von der Deule über die Lys in nordwestlicher Richtung unmittelbar zum Meere führen;
3. Wasserstraßen, die von den durch Kanäle untereinander verbundenen Oberläufen der Sambre, Oise, Somme und Schelde über Douai oder Roubaix nach Lille (nach der Deule) führen.

Lille hat also nach dem Meer und nach Belgien und Frankreich hin allenthalben Binnenwasserstraßen.

Für Lille bildet die Deule die Vereinigung der Binnenwasserstraßen. Ein Quellfluß der Deule, die Souchez, entspringt auf den Hügeln von Artois nördlich von Arras, in dem Kohlengebiet von Lievin — Lens. Sie ist durch Kanalisation bis über Lens hinaus schiffbar gemacht und erreicht damit die großen Kohlenzechen von Lievin.

Ein anderer Quellfluß der Deule mündet von SO her bei Courièrres; er ist ebenfalls kanalisiert und verbindet bei Douai die obere Scarpe mit der Deule und somit mit Lille. Etwas unterhalb erreicht ein von Westen, nämlich von La Bassée-Béthune her kommender Kanal die Deule. Der Verkehrsweg der Deule kann also in drei Verästelungen den Verkehr aus dem Kohlengebiet aufsaugen; zwei dieser Verästelungen führen außerdem noch weiter, die eine nach OSO über Douai nach der oberen Schelde (Cambrai — St. Quentin), die andere nach NW über Béthune nach Aire — St. Omer und zum Meer.

Die Deule strömt im Westen der Stadt Lille vorbei (vgl. auch Abb. 4), umfließt die Zitadelle und wendet sich dann nach WNW, um zwischen Armentières und Comines bei Deulemont in die Lys zu münden. —

Im Stellungskrieg ging die deutsche Schützenlinie in der Nähe der Mündung durch; die Deule selber war innerhalb der deutschen Stellung, Deulemont und Frélinghien waren deutsche Stützpunkte.

In Lille und seinen Vorstädten sind die Lade- und Löscheinrichtungen nicht so sehr auf bestimmte Häfen vereinigt, als vielmehr an den Ufern entlang verstreut; außerdem dienen Seitenarme und Festungsgräben mit als Häfen.

Die verschiedenen Wasserläufe werden vielfach von zwei Parallelstraßen begleitet, und auf zahlreichen derselben findet ein unmittelbares Überladen zwischen Schiff und Fuhrwerk statt. Die Großbetriebe und die Lagerplätze (für Kohlen, Sand, Kies, Steine) liegen teils unmittelbar am Wasser, teils sind sie von ihm durch Uferstraßen getrennt, die dann von Kranen oder Becherwerkgerüsten überbrückt werden. Die großen Werke und Lagerplätze haben dabei vielfach gleichzeitig Eisenbahnanschluß; aber es findet dort im allgemeinen kein Umschlagverkehr statt.

Beim Eintritt in die Befestigungswerke, zwischen der Umwallung und der Zitadelle, liegt die Schleuse, welche die „obere Deule" von der „mittleren Deule" trennt. Oberhalb der Schleuse befindet sich eine hafenartige Erweiterung, die den Schiffen das Anlegen „vor Kopf" gestattet (Abb. 4); hier werden hauptsächlich Sand, Kies, Pflastersteine u. dgl. ausgeladen. Gleichzeitig ist hier ein Wendeplatz angeordnet.

Unterhalb der Schleuse zweigt ein kurzer Stichkanal nach SO ab, der unter der Uferstraße durchführt und sich gleich hinter dieser zum Hafen Vauban erweitert. Der Hafen besteht aus zwei Becken. Er dient hauptsächlich zum Entladen von Kohlen und zur Versorgung der in seiner Nachbarschaft liegenden Fabriken mit Roh- und Brennstoffen. Die Hafenkaien werden zum größeren Teil von öffentlichen Straßen begleitet, sie sind mit mehreren Kranen ausgerüstet; das Ausladen der Kohlen erfolgt aber hauptsächlich durch Herauskarren. An dem einen Becken ist eine große Mühle errichtet. Der neben dem Hafen liegende Freilade-Güterbahnhof Vauban ist von ihm durch eine öffentliche Straße getrennt, er entsendet nach dem Hafen nur ein Anschlußgleis, das die Mühle und die mittlere Ladezunge mittels Drehscheiben anschließt. Schon aus dieser wenig leistungsfähigen Gleisanlage ergibt sich, daß dem Umschlagverkehr keine Bedeutung zugemessen wird.

Etwa gegenüber der Mitte der Zitadelle stößt ein kleiner alter Stichhafen unter der Uferstraße hindurch nach Osten vor. Seine Verkehrsbedeutung kann nicht groß sein. Vielleicht wird der Hafen aber einmal städtebaulich eine Rolle spielen: von seinem östlichen Ende führt nämlich ein Parkstreifen bis zur Rue nationale, der Hauptverkehrsader der Stadt, so daß die Möglichkeit gegeben ist, von dieser eine durchgehende Grünverbindung bis zu den großen Freiflächen der Zitadelle zu schaffen.

Im Norden der Stadt, zwischen den Vorstädten St. André und Madeleine, liegt eine weitere Schleuse, durch welche die „mittlere" von der „unteren" Deule getrennt wird. Gleich unterhalb der Schleuse mündet in die Deule ein Wasserlauf, der bis in die Altstadt hinein als Kanal — „Kanal der unteren Deule" — ausgebaut ist und eine gewisse Bedeutung als Hafen besitzt. Dieser Seitenkanal ist in einer für die Schiffahrt wenig günstigen Weise durch die Befestigungen hindurchgeführt. Innerhalb der Stadt wird er von breiten Uferstraßen eingefaßt, an denen neben vielen geringwertigen Häusern auch einige bedeutende Gebäude stehen, so z. B. der Justizpalast. Der Seitenkanal endet vor der Markthalle; an dieser Stelle werden städtische Abwässer in den Kanal geleitet, dessen Sauberkeit viel zu wünschen übrig läßt.

Im Gebiet St. André-Madeleine liegen beiderseits der Deule große Fabriken und Lagerhäuser. Die Gleisanschlüsse für diese zweigen am Westende des Bahnhofs Madeleine ab, unter dem die Deule durchgeführt ist. Es ist hier ein vierfaches Netz von Anschlußgleisen vorhanden, nämlich:

südlich der Eisenbahn links der Deule,
„ „ „ rechts „ „
nördlich „ „ links „ „
„ „ „ rechts „ „

Die beiden letztgenannten Anschlüsse dienen in erster Linie den großen Anlagen der zweiten chemischen Fabrik von Kuhlmann; innerhalb derselben sind die beiden Anschlüsse in sich nochmals durch ein Gleis verbunden, das die Deule auf einer Drehbrücke kreuzt.

Unterhalb der Kuhlmannschen Fabrik zweigt der „Kanal von Roubaix" nach rechts aus der Deule ab. Die Deule führt von hier durch Wambrechies — Quesnoy nach Deulemont, wo sie in die Lys mündet. Hafenanlagen und Fabrikbetriebe sind auch an diesem Teil des Wasserlaufes reichlich vorhanden.

Der Kanal von Roubaix verbindet Lille mit der Schelde und führt zwischen den beiden Städten Roubaix und Tourcoing durch. Er bildet zwischen Lille (der Deule) und der Schelde die dritte Wasserverbindung; die erste ist die natürliche über die Lys, die zweite ist die südliche über den Kanal de la haute Deule und die Scarpe. Der Kanal von Roubaix hat als Verbindung zwischen Lille und der Schelde den Vorzug der Kürze, er hat aber den Nachteil, daß er einen Höhenrücken von rd. 15 m Höhe überwinden muß; unter diesem Mangel leidet der Durchgangsverkehr erheblich, und man kann daher sagen, daß die Bedeutung des Kanals von Roubaix hauptsächlich in dem Ortsverkehr der beiden

großen Industriestädte Roubaix und Tourcoing und ihrer Vororte liegt.

Der Kanal zweigt unterhalb — nördlich — von Lille aus der Deule ab und folgt zunächst dem stark gewundenen Flußlauf der Marcq, die mit Hilfe von zwei Schleusen kanalisiert worden ist. Westlich von Wasquehal biegt der Scheitelkanal nach NO aus der Marcq ab. Die Marcq selbst ist zu einem kurzen Stichkanal ausgebaut worden, an dem außer einigen großgewerblichen Betrieben das bedeutende elektrische Kraftwerk Wasquehal liegt. Der Kanal steigt in einer fünfstufigen Schleusentreppe nach der Höhe empor, auf der Roubaix und Tourcoing liegen.

Vor dem Eintritt in die dichtere Bebauung zweigt nach links, nach Norden hin, ein Stichkanal ab, der nach Tourcoing vorstößt und besonders in seinem hafenartigen letzten Teil mit zahlreichen Lösch- und Ladeeinrichtungen ausgestattet ist. Der Stichkanal wird kurz vor seinem Ende von der Hauptstraße Tourcoing — Lille mittels einer Hubbrücke gekreuzt; unmittelbar südlich von dieser Brücke geht die Hauptstraße in den großen Boulevard Tourcoing — Lille über.

Der Hauptkanal führt zwischen den beiden Städten durch und liegt hierbei auf längere Strecke in einem so tiefen Einschnitt, daß Ladeeinrichtungen nicht ausgeführt worden sind. Dann steigt der Kanal, noch im Stadtgebiet Roubaix, nach der Schelde ab. Abgesehen von dem tiefen Einschnitt, wird der Kanal entweder von Uferstraßen, die zum Laden mit benutzt werden, begleitet, oder es stoßen die Gewerbebetriebe unmittelbar an den Kanal an. Stellenweise sind die Kanalböschungen durch Mauern ersetzt, so daß Schiffsliegeplätze gewonnen werden. An mehreren Stellen werden die Ladestraßen von Portalkranen überspannt, die den Verkehr, besonders die Kohlenzufuhr, zwischen Schiff und Gewerbebetrieben vermitteln.

Die Speisung der Scheitelhaltung erfolgt aus einem Abwässerungskanal, der die westlich von Lille, auf dem linken Ufer der Deule gelegenen sumpfigen Niederungen entwässert. Von diesen wird das Wasser durch eine Druckrohrleitung nach der Scheitelhaltung hinaufgepumpt.

Um an einem Beispiel die Geschichte, Bedeutung und Bauart der Wasserstraßen in der Umgebung von Lille zu zeigen, seien dem Kanal von Lens einige Worte gewidmet, also dem Kanal, der Lens mit der Deule bei Courrières verbindet und im Tal der Souchez verläuft.[2])

Bereits zu Beginn des sechzehnten Jahrhunderts war ein Kanal von der Deule nach Lens gebaut worden und zwar durch die Stadt Lille, die sich dadurch mit Artois in Verbindung setzen wollte; 1619 übernahm aber die Stadt Lens die Unterhaltung des Kanals. Im Jahre 1693 wurde dann die Deule von Courrières aus durch den heute noch bestehenden Kanal de la haute Deule mit der Scarpe bei Douai verbunden, und da die Scarpe bis Arras schiffbar gemacht wurde, hatte Lille nun eine Wasserstraße bis in das Herz und bis zur Hauptstadt von Artois. Damit verlor der Wasserweg nach Lens an Bedeutung. Als nun die Stadt Lens sich an die Regierung von Artois um Beihilfe zu den Unterhaltungskosten wandte, hatte sie keinen Erfolg; da sie aber wirtschaftlich nicht in der Lage war, den Kanal zu unterhalten, mußte sie ihn verfallen lassen, und der Kanal wurde 1791 unbrauchbar; heute ist von diesem alten Kanal nichts mehr zu sehen.

Später hat die Stadt Lens mehrfach Anstrengungen um die Wiederherstellung gemacht, und 1842 ließ sie einen Entwurf aufstellen, aber sie hatte noch nicht die geldliche Kraft, um das Werk durchzuführen. Dann kam 1851 die Entdeckung der Kohlenfelder, und damit brach eine neue Zeit an. 1854 bewarb sich die Société des Mines de Lens um die Konzession für einen Kanal nach der Deule, verfolgte dann aber den Plan nicht weiter. Dagegen erhielt 1862 die Compagnie des Mines de Courrières die Genehmigung zum Bau der ersten Hälfte des Kanals, nämlich von der Deule bis Harnes. Der Kanal erhielt den Namen Kanal de la Souchez; er ist rd. 3,5 km lang. 1885 erhielt die in ihm bei Courrières liegende Schleuse eine Nutzlänge von 38,5 m, so daß sie nun für alle Schiffe fahrbar wurde, welche die Kanäle von Nordfrankreich befahren. Seit dem Bau des Kanals de la Souchez bemühten sich die Stadt Lille, die Compagnie des Mines de Liévin und der Bezirk Pas de Calais länger als ein Jahrzehnt, um die Verlängerung des Kanals nach Lens zu erreichen, und 1879, 1881 und 1884 kamen auch schließlich die Gesetze zum Bau des Kanals zustande; von den 1 500 000 Fr. betragenden Baukosten übernahm die Stadt Lens 100 000, die Société des mines de Liévin 400 000 Fr. Die Bauausführung erfolgte 1885/86.

Der Kanal ist, einschließlich des Kanals de la Souchez, rd. 11,3 km lang. Er überwindet mittels drei Schleusen einen Höhenunterschied von 9,71 m. Er ist einschiffig, hat aber in Abständen von je 1 km Ausweichen von rd. 100 m Länge. Die Abmessungen entsprechen dem im Jahre 1870 gegebenen Runderlaß des französischen Ministers der öffentlichen Arbeiten; demgemäß beträgt die Sohlenbreite 6 m, die Wassertiefe 2,2 m, die Schleusen haben — gemäß dem Gesetz vom August 1879 — eine Nutzbreite von 38,5 m. Der kleinste Bogenhalbmesser beträgt 300 m; da ein solcher an einer Stelle bei Lens infolge der Lage der Eisenbahnen nicht erzielt werden konnte, ist hier ein Wendeplatz — eine Drehscheibe — von 40 m Länge hergestellt worden. Abb. 3 zeigt die Schleuse, aus der alle wichtigen weiteren Abmessungen zu entnehmen sind.

Bei den ganzen Arbeiten mußte, ähnlich wie bei dem Rhein-Herne-Kanal, auf die Bodensenkungen Rücksicht genommen werden, die eine Folge des Bergbaus sind. Solche Senkungen, die im Kohlengebiet des Pas de Calais stark vorkommen, waren bei dem Kanal allerdings nur für die oberste Haltung zu befürchten. Um hier gesichert zu sein, hat man bei der entsprechenden Schleuse mit einem Höhenverlust von 1,66 m gerechnet; ferner hat man die Durchfahrhöhen unter den Brücken vergrößert, so daß sich die Widerlager senken können, ohne daß dadurch die Schiffahrt unmöglich gemacht wird, — außerdem könnte man die eisernen Überbauten auch anheben. Vor allem aber hat die Société des mines de Lens ihre unterirdischen Arbeiten unter dem Kanal vor und während seiner Bauausführung möglichst rege betrieben, so daß spätere Arbeiten nur noch in geringem Umfang nötig wurden. — Erhebliche Schäden durch Bodensenkungen sind tatsächlich auch nicht eingetreten.

2) Vgl. Annales des Ponts et Chaussés 1887 II.

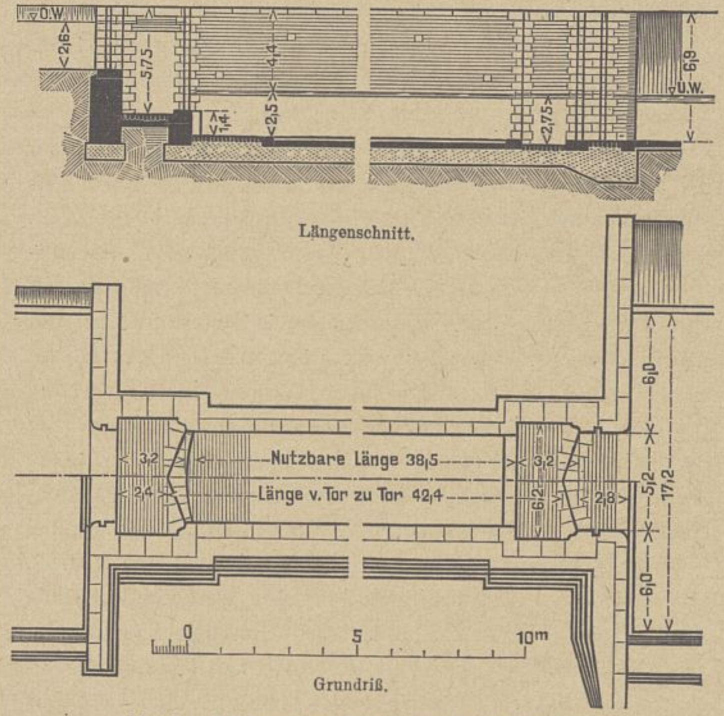


Abb. 3. Schleuse im Kanal von Lens zur Deule.

B. Die Eisenbahnen. (Vgl. Abb. 4 und 4a.)

Nach dem Lauf der über Lille führenden großen Schnellzüge kann Lille zunächst als Knotenpunkt für folgende Linien bezeichnet werden, wobei die beigesetzten Zahlen die entsprechenden Fahrplannummern des Reichskursbuches sind:

a) Köln — Brüssel — Lille — Calais (— London) Nr. 434. Die Linie kann als eine „Nebenlinie" zu den „Hauptlinien" Berlin—London gelten, die über Ostende, Vlissingen und Hoek van Holland führen.

b) Paris — Arras — Douai — Lille — Calais (— London), Nr. 495. Die Linie kann als eine „Nebenlinie" zu der „Hauptlinie" Paris—London über Amiens—Boulogne oder Calais (Nr. 494) gelten; zu der Linie Paris—London über Lille gibt es außerdem noch eine Lille vermeidende „Umgehungslinie", nämlich die Strecke (Paris—) Arras — Lens — Béthune — Hasenbrück (—Calais und Dünkirchen).

c) Paris — Arras — Douai — Lille — Roubaix — Courtrai — Ostende und Gent, Nr. 425.

d) Köln — Lüttich — Namur — Jeumont — Maubeuge — Aulnoye — Valenciennes — Lille — Madeleine — Calais, Nr. 500a. Die Linie kann als eine Nebenlinie zu der unter a) genannten Linie Köln — Brüssel — Lille — Calais bezeichnet werden. Der wichtigste Schnellzug der Linie, nämlich der im Reichskursbuch unter 500a aufgeführte Schnellzug Berlin — Jeumont — Calais, berührt den Hauptbahnhof Lille nicht unmittelbar, sondern wird, wie weiter unten noch erläutert wird, auf einer Außenschleife an ihm vorbeigeleitet, und für ihn dient die Vorortstation Madeleine zur Vermittlung des Verkehrs von Lille. Mit der Linie Köln—Jeumont—Lille vereinigt sich in Aulnoye die von der oberen Maas (Luxemburg, Metz) herkommende Strecke über Sedan — Mézières.

e) Basel — Reims — Laon — St. Quentin — Douai — Lille — Calais, Nr. 496. Die Linie vermittelt den Verkehr England — Basel, für den aber mehrere leistungsfähigere Linien, inbesondere die über Brüssel und Köln führenden, vorhanden sind. — Von diesen Hauptlinien zweigen in der Nähe von Lille und Roubaix zahlreiche Nebenlinien ab; ferner gehen von Lille noch selbständige Nebenlinien nach Quesnoy und nach Houbourdin, Béthune und Lens ab, die sich ebenfalls stark verästeln, so daß Lille den Mittelpunkt eines engmaschigen Netzes des Nah- und Nachbarschaftsverkehrs bildet.

Aus der vorstehenden Aufzählung der Linien geht aber die Bedeutung von Lille als Eisenbahnknotenpunkt nicht mit genügender Deutlichkeit hervor. Es verlohnt sich vielmehr folgende Betrachtung: Die für Lille maßgebenden Großknotenpunkte des Eisenbahnverkehrs sind London, Paris und Brüssel und außerdem noch Köln und Basel. Die Lage Lilles zu diesen Punkten ist zwar eine sehr zentrale, so daß wichtige Verbindungen zwischen den genannten Punkten durch Lille hindurchführen; die Linien aber, welche die Großknotenpunkte miteinander unmittelbar verbinden, führen sämtlich an Lille vorbei: das sind die oben teilweise bereits erwähnten Linien

Köln — (bzw. Berlin —) London über Ostende, Vlissingen und Hoek van Holland,
Paris — Amiens — Boulogne und Calais — London,
Paris — Jeumont — Lüttich — Köln.

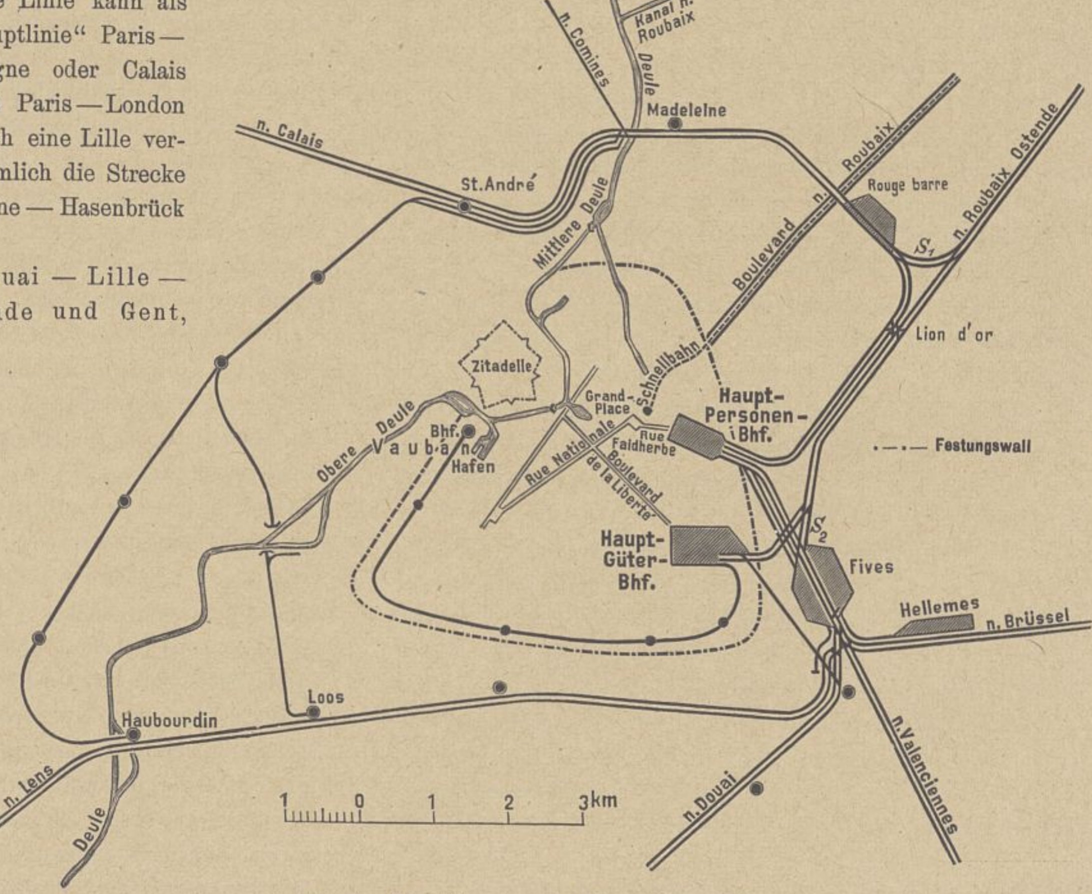


Abb. 4. Übersichtsplan der Eisenbahnen Lilles.

Dieses Vorbeigleiten der wichtigsten Verkehre ist zweifellos ein großer Nachteil für Lille; auf weitere Schwächungen werden wir noch zurückkommen. Anderseits liegt darin eine Stärkung für Lille, daß von Calais aus eine wichtige Linie fast schnurgerade auf Lille führt und sich hier stark verästelt. Das führt auch zu der Darstellung der Bedeutung von Lille als Eisenbahnknotenpunkt, die das Wesentliche am besten beleuchtet.

Lille ist zu kennzeichnen als Trennungsstation für die von London über Dover—Calais ausgehenden Verkehre nach Brüssel, Köln, Mézières, Reims, Basel, Paris.

Das System der einzelnen diesen Verkehren dienenden Linien ist das folgende:

London—Dover—Calais—Lille—
- Tournai — Brüssel — Köln
- Valenciennes — Aulnoye—
  - Lüttich — Köln
  - Mézières—
    - Luxemburg
    - Metz
    - Nanzig
- Douai—
  - St. Quentin - Reims — Basel
  - Arras — Amiens — Paris.

Dieser West-Ost-Verkehr wird in Lille von einem Süd-Nord-Verkehr durchschossen, nämlich von dem Verkehr Paris — Douai — Lille — Ostende.

Lille ist aber nicht in der Lage, die von Calais ausgehende Befruchtung voll auszunutzen, und zwar deswegen, weil es zwei Mängeln unterliegt, von denen der eine in nationalen verkehrspolitischen, der andere in örtlichen eisenbahntechnischen Ursachen begründet ist.

Vom nationalen verkehrspolitischen Standpunkt ist es ein Unglück für Lille, daß es so dicht an der belgischen Grenze liegt. Abgesehen von den lähmenden Einflüssen der Zolluntersuchung, macht sich der schädliche Einfluß der Eifersucht zwischen den belgischen und den französischen Eisenbahnen fühlbar.

Die belgischen Staatsbahnen haben selbstverständlich das Bestreben, den Verkehr von Lüttich und Brüssel her nach Möglichkeit nach Ostende zu leiten, und sie müssen sich dagegen wehren, ihren Verkehr über Tournai oder Jeumont—Valenciennes an Lille abzugeben und damit an die französischen Bahnen zu verlieren. Die französische Nordbahn muß anderseits befürchten, daß sie von jeglichem Verkehr, den sie von Calais nach Lille leitet, einen Teil über Tourcoing, Tournai, Orchies, Valenciennes oder Jeumont an Belgien verliert; sie wird sich also bemühen, möglichst viel Verkehr südlich von der Linie Hasenbrück—Lille—Aulnoye zu halten und ihn von Calais auf die Knotenpunkte Lens, Douai, Arras, Amiens, Reims und besonders Paris zu lenken.

Wirken hiernach politische Kräfte in der Weise, daß sie den Verkehr von Lille abziehen, so kommt nun als Verstärkung dieser für Lille so nachteiligen Kräfte hinzu, daß die örtliche, eisenbahntechnische Durchbildung der Eisenbahnanlagen den Verkehr von Lille abschrecken muß. Von den zahlreichen schweren Mängeln, die weiter unten noch erörtert werden, ist an dieser Stelle nur der eine Mangel hervorzuheben, der darin liegt, daß der Hauptbahnhof Lille ein Kopfbahnhof ist, der auf den durchgehenden Verkehr nicht eingerichtet ist und diesen daher erheblich verzögert (und auch gefährdet).

In welcher Weise die Hauptlinien in Lille eingeführt sind und wie der Hauptbahnhof zu ihnen liegt, geht am besten aus Abb. 4 hervor, deren Beschriftung sich mit der obigen Kennzeichnung Lilles als Trennungsstation für den von Calais kommenden Verkehr deckt.

Um den mit dem Anlaufen eines Kopfbahnhofes verbundenen Zeitverlust zu vermeiden, wurden einige wichtige Züge an dem Hauptbahnhof Lille vorbeigeleitet. Dies geschieht auf den in der Abb. 4 mit S_1 und S_2 bezeichneten Außenschleifen. Es gilt das z. B. von dem oben erwähnten (im Reichskursbuch unter Nr. 500a aufgeführten) Schnellzug Berlin — Jeumont — Calais, der, von Valenciennes herkommend, über die Schleife S_1 unmittelbar auf die nach Calais führende Strecke weitergeleitet wird. Der Verkehr dieses Zuges mit Lille Stadt wird durch einen Halt in der Vorortstation Madeleine vermittelt, die aber 3 km vom Stadtmittelpunkt entfernt ist. In ähnlicher Weise werden Züge von Calais nach Brüssel und Gent nicht über Hauptbahnhof Lille, sondern über die Außenschleifen S_1 nach Tournai bzw. S_2 nach Roubaix geleitet; einzelne solche Züge halten dabei auch nicht in Madeleine, so daß ihr Verkehr mit Lille Stadt durch Abspaltung in Hasenbrück und Armentières bedient werden muß.

Der Nachmittagschnellzug von Calais fährt z. B. in Teilen, wie auf S. 347 oben angegeben.

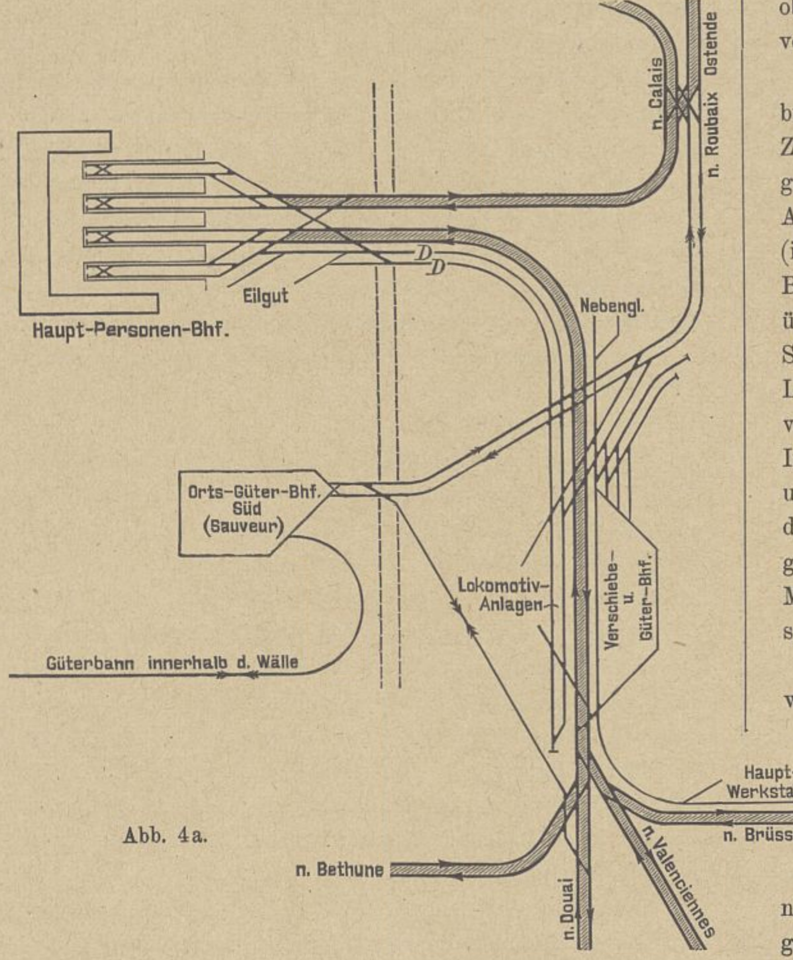


Abb. 4a.

Aus dieser Darstellung und aus Abb. 4 ist bereits das Wichtigste über die Einführung der Hauptlinien in Lille zu erkennen. Nachstehend sei unter Hinweis auf den Übersichtsplan Abb. 4 noch das Folgende angegeben:

Aus dem Hauptbahnhof Lille (Nord) entwickeln sich zunächst nur zwei zweigleisige Bahnen, die nach einer sehr gedrängten Weichenentwicklung scharf auseinanderführen.

London . .	ab	9^{00}	9^{00}		
Calais . .	ab	12^{50}	12^{53}		
Hasenbrück	ab	13^{39}	13^{47}		
Armentières	an	↓	14^{06}		
	ab	↓	14^{08}	14^{16}	
Madeleine	an	14^{10}	↓	14^{30}	
	ab	14^{12}	↓	14^{32}	14^{35}
Lille . . .	an	↓	↓	14^{38} endet in Lille.	↓
		über S_1 nach Jeumont — Köln und nach Mézières — Nanzig (Nancy).	über S_1 nach Tournai — Brüssel.		über S_2 nach Roubaix.

Die eine Linie führt in großem Bogen nordwärts ausholend nach Westen über Madeleine und St. André nach Armentières und von da weiter nach Hasenbrück — Calais und Dünkirchen. Aus dieser Linie zweigt vor Rougebarre am Block „Lion d'or" die zweigleisige Strecke nach Roubaix (Ostende, Gent) mittels Spaltungskreuzung ab.

Gleichzeitig wird bei „Lion d'or" aus den beiden von Calais und Roubaix kommenden Hauptlinien abgespaltet

a) der Güterverkehr von Calais,

b) der Güterverkehr von Roubaix,

c) der den Hauptbahnhof Lille nicht berührende unmittelbare Personenverkehr von Calais nach Brüssel und Valenciennes, der also nach obiger Darstellung über die Außenschleife S_2 geleitet wird. Für diese Verkehre ist ein besonderes Gütergleispaar vorhanden, das von Lion d'or — zunächst neben den Calaiser Hauptgleisen — nach dem Güterbahnhof Saint Sauveur führt. Aus diesem Gütergleispaar zweigt der „direkte" Personenverkehr nach Brüssel und Valenciennes mittels Schleife S_1 ab und mündet mittels dieser in das Hauptgleispaar nach Brüssel usw. ein.

Ferner zweigt aus der Hauptlinie nach Calais westlich von Madeleine ab:

1. die eingleisige Nebenbahn nach Quesnoy — Comines — Ypern,
2. die bis St. André noch zweigleisige, von da ab aber eingleisige Linie nach Haubourdin, die im Südwesten von Lille in die Linie Lille — Béthune mündet und mit dieser den „Außenring" um Lille herum bildet.

Die andere aus dem Hauptbahnhof hinaus führende Linie nimmt die Verkehre nach Tournai, Valenciennes, Douai und Béthune auf, es wird hier also der Verkehr von vier (!) zweigleisigen Strecken auf ein Gleispaar zusammengezogen. Der Spaltungspunkt liegt erst in Hellemes, wo alle Linienteilungen dicht zusammengedrängt sind und sämtlich mit Kreuzungen in Schienenhöhe erfolgen. Gleichzeitig ist diese Stelle auch noch mit Weichen und Kreuzungen für den Güter-, Verschiebe- und Lokomotivverkehr belastet.

Wenn schon eine derartige Anlage bedenklich erscheint, so findet sich zwischen dem Hauptbahnhof und Hellemes doch noch ein Punkt, der noch eigenartiger wirkt. Es wird hier nämlich die Hauptpersonenstrecke (die also vier zweigleisige Strecken in sich vereinigt) von dem bei Lion d'or abgezweigten Gütergleispaar, das nach dem Hauptgüterbahnhof (Süd oder Saint Sauveur genannt) führt, in Schienenhöhe gekreuzt! Die Kreuzung erfolgt unter einem Winkel von etwa 45°, und in dem diesem entsprechenden stumpfen Winkel liegt die Außenschleife S_1, über welche die direkten Schnellzüge zwischen Calais und Brüssel, Köln, Nanzig geleitet werden. Auch dieser Punkt ist durch Weichen und Kreuzungen für den Verschiebedienst der Güterbahnhöfe und des Abstellbahnhofs belastet; das Gütergleispaar von Lion d'or kommt außerdem noch zur Kreuzungsstelle im Gefälle herunter!

Es hält schwer, hier nicht zu kritisieren. Man kann diese Anlagen nur entschuldigen, wenn man annimmt, daß militärische Rücksichten den Umbau lange hingezögert haben und daß man mit einem Umbau nur auf den Fall der Umwallung warten wollte.

Auf Einzelheiten sei nur insoweit eingegangen, als daran grundsätzliche Unterschiede zwischen den französischen und deutschen Anschauungen erläutert werden können:

Der Güterverkehr wird in einer großen Zahl von Ortsgüterbahnhöfen und zahlreichen Privatanschlüssen abgewickelt; aber es gibt trotz der vielen einmündenden Linien und des daher beträchtlichen Übergangsverkehrs und trotz des großen Ortsverkehrs keinen richtigen Verschiebebahnhof; der Bau eines solchen war vielmehr erst in Angriff genommen, als der Krieg ausbrach. Ferner gibt es keinen größeren Umschlagbahnhof für den Verkehr zwischen Kanal und Eisenbahn.

Als „Sammelbahnhof" für den Güterverkehr kann der Bahnhof Fives bezeichnet werden, jedoch nicht etwa in dem Sinn, als ob alle Güterzüge in diesem Bahnhof behandelt würden; zahlreiche Güterzüge werden vielmehr auf anderen Güterbahnhöfen (besonders in Saint Sauveur und Madeleine) abgefertigt.

Der Bahnhof Lille-Fives liegt an den Personenhauptgleisen nach Tournai, und zwar auf ihren beiden Seiten (Abb. 4a). Auf der Südwestseite liegen die Anlagen für den Lokomotivdienst, auf der Nordostseite die Güter-Ein- und -Ausfuhr- und Verschiebegleise. Die Lokomotivstation ist mit dem Hauptpersonenbahnhof durch die schon erwähnten beiden Durchlaufgleise D verbunden, die von und zu den Schuppen fahrenden Personenzuglokomotiven brauchen daher die Hauptgleise nicht zu berühren, außer unmittelbar vor dem großen Weichenkreuz des Personenbahnhofs. Die Güterzuglokomotiven müssen dagegen bei den Fahrten zwischen den Schuppen und den Zügen die beiden Hauptpersonengleise überkreuzen.

Der Sammelbahnhof kann als ein Durchgangsbahnhof bezeichnet werden, der zwischen der vierfachen Spaltung der Hauptgleise in Hellemes und dem oben erwähnten Gütergleispaar Lion d'or — Saint Sauveur liegt. An seinem Südostflügel (an der vierfachen Spaltung) steht der Sammelbahnhof mit den vier Linien so in Verbindung, daß von und nach allen Linien unmittelbare Ein- und Ausfahrtmöglichkeit ist. Die Gleis- und Weichenanlage ist aber recht ungeschickt durchgebildet: alle Personen- und Güterzüge werden nämlich auf ein Gleispaar zusammengefaßt, und hinter diesem „Engpaß" findet dann erst die Loslösung der vier Strecken statt. An seinem Nordwestflügel geht der Bahnhof in das genannte Gütergleispaar unter Mitbenutzung der früher erwähnten Schleife S_1 über; die Güterzüge können hier also von und nach Madeleine (Calais, Haubourdin, Quesnoy) und Roubaix unmittelbar ein- und ausfahren.

Der Sammelbahnhof besteht aus 18 beiderseits angeschlossenen Gleisen, die (gemäß den vorgefundenen Gleis-

plänen) in drei Gruppen gegliedert sind, von diesen sind zwei Gruppen mit zusammen neun Gleisen am Südostflügel so an die Hauptgleise angeschlossen, daß sie zur Ein- und Ausfahrt von Zügen benutzt werden können. An beiden Bahnhofflügeln sind je zwei Gleise vorhanden, die als Ausziehgleise benutzt werden können und das Verschieben nach Gruppe II und III unabhängig voneinander gestatten. Das eine südöstliche Ausziehgleis verlängert sich an den Hauptgleisen nach Tournai entlang bis zur Hauptwerkstatt Hellemes.[3])

Der Hauptgüterbahnhof ist der Bahnhof Saint Sauveur — Südbahnhof. Er liegt im Südosten der Stadt innerhalb der Umwallung und ist durch diese von dem „Sammelbahnhof" getrennt. Das Hineinschieben des Bahnhofs in die Umwallung hat für die Abwickluug des Verkehrs den großen Vorteil, daß der Bahnhof nahe an dem Geschäftsviertel liegt (etwa 1,5 km entfernt). Der Vorteil ist aber mit recht ungünstigen Betriebsverhältnissen erkauft. Der Bahnhof ist nämlich von den Verschiebegleisen des Sammelbahnhofs durch die Hauptpersonengleise getrennt und kann von ihnen nur durch eine Sägebewegung und unter Schienenkreuzung der Personengleise bedient werden. Ferner haben es wahrscheinlieh militärische Rücksichten notwendig gemacht, daß die Gleisverbindung zwischen den beiden Bahnhöfen die Umwallung (ungefähr) rechtwinklig kreuzen mußte, und dadurch sind in die Verbindungsgleise scharfe lange Krümmungen hineingekommen, so daß sie unübersichtlich geworden sind; vollends unübersichtlich werden sie aber durch das Hindurchführen durch das enge Festungstor, das gerade die beiden Gleise hindurchläßt. Diese ungünstigen Gesamtverhältnisse werden noch dadurch verschlimmert, daß für den eigentlichen Bahnhof innerhalb der Wälle eine fast genau rechteckige Fläche zur Verfügung gestellt wurde, deren Länge zu kurz ist, während die Breite nicht richtig ausgenutzt werden kann. Zur weiteren Verschärfung der Übelstände ist in den Bahnhof auch noch das innere Güter-Halbring-Gleis eingeführt, das innerhalb der Umwallung nach dem Hafen Vauban führt und mit den übrigen Gleisanlagen nur durch den Bahnhof Saint Sauveur und in diesem nur mittels Sägebewegungen in Verbindung steht.

Die einfachen Zwischenstationen zeigen das für die französischen Eisenbahnen kennzeichnende Bild der glatt durchgehenden Hauptgleise mit Außenbahnsteigen. Abb. 5

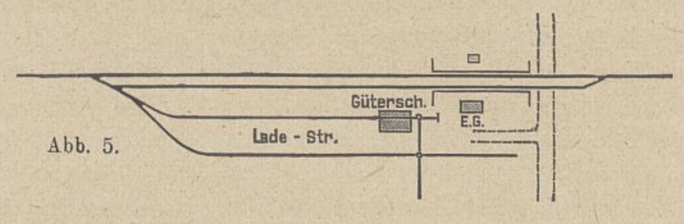


Abb. 5.

stellt ein Beispiel einer an einer eingleisigen Strecke gelegenen kleinen Zwischenstation dar: das Kreuzungsgleis hat eine für nur 80 Achsen ausreichende Länge; die Anlagen für den Personenverkehr liegen nach dem einen Bahnhofende hin verschoben neben der die Eisenbahn hier in Schienenhöhe kreuzenden Straße; sie bestehen aus dem Empfangsgebäude, zwei niedrigen mäßig langen Außenbahnsteigen und einer kleinen Wartehalle auf dem Gegenbahnsteig. Für den Güterverkehr ist eine sehr breite Ladestraße mit zwei Ladegleisen angeordnet. Das eine Gleis führt gleichzeitig durch den Güterschuppen. Die beiden Ladegleise sind durch Drehscheiben nochmals untereinander verbunden — eine in ihrem Betriebswert zweifelhafte Anordnung.

Der Bahnhof Madeleine liegt an der Hauptstrecke nach Calais und ist Trennungsstation für die eingleisige Nebenbahn nach Quesnoy — Comines und die bis Bahnhof St. André zweigleisige, dann eingleisige Nebenbahn (Ringbahn) nach Haubourdin (Lille-Hauptbahnhof). Eine besondere Bedeutung gewinnt der Bahnhof, wie schon erwähnt, dadurch, daß er den Verkehr der Stadt Lille für die Züge vermitteln muß, die den Hauptbahnhof nicht anlaufen. Der Bahnhof liegt im Norden der Stadt und erstreckt sich in fast genau west-östlicher Richtung zwischen der unter dem westlichen Bahnhofsflügel unterführten kanalisierten Deule und der den westlichen Bahnhofsflügel früher in Schienenhöhe kreuzenden, jetzt überführten Hauptstraße nach Marcq en Bareul — Tourcoing (nicht zu verwechseln mit dem später beschriebenen, großen Boulevard nach Roubaix und Tourcoing, der vielmehr weiter östlich verläuft). Die Gleisanlage des Bahnhofs ist teilweise recht unvollkommen: am Westflügel werden nämlich nach Abb. 6 die beiden genannten Nebenlinien in das Hauptgleispaar von Calais ein-

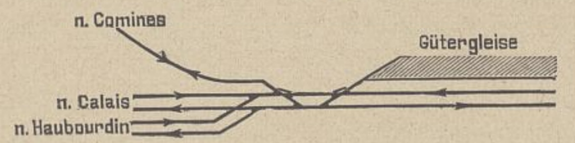


Abb. 6. Westflügel des Bahnhofs Madeleine.

geführt und erst hinter (östlich von) der Zusammenführung erfolgt die Loslösung der Gütergleise aus den Hauptgleisen. Man hätte mit geringen Mitteln mindestens den Güterverkehr der Linie nach Quesnoy — Comines ohne Berührung der Hauptgleise nach Calais in den Güterbahnhof einführen können, außerdem hätte man die Güterzüge von und nach Calais ohne Berührung der Züge von und nach Haubourdin in die Gütergleise einleiten können. Man kann sich diese Engpaßbildung nur durch ungenügende Ausbildung in der Bahnhofswissenschaft erklären. Die Anlagen für den Personenverkehr sind sehr einfach, sie bestehen in zwei Außenbahnsteigen.

C. Der Nahverkehr.

Abgesehen von den entsprechenden Leistungen der Eisenbahnen wird der Nachbarschafts-, Vorort- und Stadtverkehr durch verschiedene Gruppen von Straßen-, Schnell- und Kleinbahnen (Überlandstraßenbahnen) gepflegt.

Als wichtigste Gruppen sind zu nennen:

1. Die Straßenbahnen der Stadt Lille;
2. die Straßenbahnen der Zwillingsstadt Roubaix — Tourcoing;
3. die Schnellbahn Lille — Roubaix — Tourcoing;
4. die von derselben Gesellschaft wie die Schnellbahn betriebenen Straßenbahnen von Lille nach Hem und im nördlichen Vorstadtgebiet von Roubaix — Tourcoing;

3) Dieses Gleis ist an der Hauptwerkstatt mit den Hauptgleisen von Tournai verbunden, aber aus Scheu vor Spitzweichen nur derart, daß der unmittelbare Zugübergang hier nicht möglich ist. Bei der Besitzergreifung durch die Deutschen wurde an der großen vierfachen Spaltung bei Hellemes alsbald eine Weichenverbindung eingebaut, die den Betrieb erheblich freier gestaltete.

5. Überlandstraßenbahnen, die an die Straßenbahnen an deren Endpunkten anstoßen, — teils mit Dampf-, teils mit elektrischem Betriebe;
6. Kleinbahnen, die auf Chausseen — innerhalb der Ortschaften in den Straßen — liegen in der weiteren Umgebung von Lille.

Es ist also kein einheitliches System vorhanden; es sind vielmehr die verschiedensten Bahnen des Stadt-, Vorort- und Nachbarschaftsverkehrs allmählich als selbständige Unternehmungen entstanden; sie zeigen große Verschiedenheiten nach Verkehrszweck, Betriebsweise, Spurweite, Tarifen usw. Die unter 2 bis 4 genannten Netze haben Meterspur, die Straßenbahnen Lilles Regelspur, die Kleinbahnen teils Meter-, teils Regelspur.

Das Straßenbahnnetz von Lille wurzelt in den beiden Mittelpunkten des städtischen Verkehrs, der Grand'Place und dem Hauptbahnhof. Von hier gehen die meisten Linien als Strahlenlinien aus. Insgesamt werden 21 Linien betrieben mit zusammen rd. 135 km Betriebslänge. Das von den Straßenbahnen beherrschte Gebiet ist nicht etwa durch die Festungswälle und auch nicht durch die Gemeindegrenzen umschrieben; die Ausdehnung des Netzes ist vielmehr in erster Linie von den Eisenbahnlinien abhängig. Lille wird nämlich, wie früher erörtert wurde, von den Eisenbahnen ringförmig umschlossen, und die Ausdehnung der Straßenbahnlinien ist nun davon abhängig, inwieweit sie den eisernen Ring durchbrechen konnten. Man hat nämlich nur die wenig stark belasteten Eisenbahnlinien von den Straßenbahnen in Schienenhöhe kreuzen lassen, nämlich die Verbindungsbahn Haubourdin — St. André — Madeleine von der Straßenbahn nach dem Westausgang von Lomme und die Nebenbahn nach Quesnoy — Comines von der Straßenbahn nach Quesnoy.

An mehreren anderen Stellen müssen die Straßenbahnen dagegen vor den Eisenbahnen haltmachen, so z. B. in Haubourdin, Lambersat, an dem Bahnhof Porte d'Arras und in Hellemes, also im westlichen und südlichen Gebiet. Hierbei sind an einzelnen Stellen in mittelbarer Fortsetzung der vor der Eisenbahn endenden Straßenbahn jenseit der Eisenbahn beginnende Vorortbahnen angestoßen: jenseit des Straßenübergangs in Hellemes beginnt die Dampfbahn nach Bouvines — Annapes, jenseit des Straßenübergangs am Bahnhof Porte d'Arras beginnt eine elektrische Linie, die der Gesellschaft der Liller Straßenbahn gehört, aber — wegen des Niveauübergangs der Straße — nur im Anstoß-Pendel-Verkehr betrieben werden kann.[4])

Die Straßenbahnlinien werden elektrisch mit Oberleitung und Rollenabnehmer betrieben. Der Betriebsstrom hat 550 V. Spannung. Er wird bei einem besondern Kraftwerk als Dreiphasenstrom von 5500 V. erzeugt und in sechs Unterstationen auf den Betriebsstrom umgewandelt. Die Oberleitung verwendet in den breiteren Straßen vielfach Masten, die in der Mitte der Straße, also zwischen den beiden Gleisen stehen und zwar etwas Raum beanspruchen, dafür aber auch den Verkehr gut regeln. Im wichtigsten Teil der Innenstadt, insbesondere auf der Grand'Place ist unterirdische Stromzuführung eingerichtet, — die schon im Frieden häufig, umsomehr aber im Krieg versagte.

Die Straßenbahnen Lilles haben zwei Klassen, die sich wenig voneinander unterscheiden und auch in den Fahrpreisen wenig voneinander abweichen. Die Preise sind auf der Grundlage berechnet, daß

für die erste Klasse 12 Pf. für die 4 ersten Abschnitte,
„ „ zweite „ 4 „ „ „ 2 „ „

berechnet werden, und daß dann je 4 Pf. für jeden weiteren „Abschnitt" zugeschlagen werden. Als „Abschnitt" gilt eine Strecke von 0,5 km. Demnach beträgt der Tarif in Pfennig:

	I. Kl.	II. Kl.
für 2 km	12	8
„ 3 km	16	12
„ 4 km	20	16
„ 10 km	48	40
usw.		

Die Fahrpreise waren also (für die Vorkriegszeit) reichlich hoch und vielgestaltig. Auf zwei Linien ist ein Einheitstarif — 16 Pf. für die I., 8 Pf. für die II. Kl. — eingeführt. Ferner gibt es Schüler- und Arbeiterkarten — letztere mit 50 vH. Nachlaß — und Rückfahrkarten für gewisse Strecken, sodann Zeitkarten mit einem Satz von 8 Mark für die I. und 5,60 Mark für die II. Kl. für eine Linie und einen Monat oder einem Satz von 172 Mark für die I. und 120 Mark für die II. Kl. für das ganze Netz und das Jahr.

Das bedeutsamste Verkehrsmittel des Nahverkehrs im Bezirk Lille ist der große Boulevard von Lille nach Roubaix und Tourcoing mit seinen Schnellbahnen. Die bisherigen Verbindungen zwischen Lille und seinen beiden Nachbarstädten entsprachen nicht der Bedeutung und der gegenseitigen Nähe der Städte. In Betracht kamen nur die Eisenbahnlinie Lille — Roubaix — Tourcoing und zwei Straßenbahnstrecken. Die Eisenbahn Lille—Roubaix—Tourcoing gabelt sich in Tourcoing in die wichtigere Strecke nach Mouscron — Courtrai (Ostende, Gent und Brüssel) und die weniger wichtige Strecke nach Menin (Brügge, Ostende, Comines), für die Strecke nach Menin bildet der Bahnhof Tourcoing Spitzkehre. Zwischen Lille und Tourcoing verkehrten nach dem Fahrplan 1913/14 in jeder Richtung 36 Züge, von denen die meisten nach Mouscron weitergingen. Alle Züge, auch die großen Schnellzüge, hielten in Roubaix und Tourcoing. Außerdem verkehrten noch mehrere Züge zwischen Tourcoing — Roubaix und Madelaine über die Kurve S_2. — Die Fahrzeit der durchfahrenden Züge betrug zwischen Lille und Roubaix 11 Minuten.

Von den beiden Straßenbahnlinien führt die östliche nach Roubaix, die westliche nach Tourcoing. Beide folgen alten Landstraßen, die ehemals die Eigenart von ländlichen Chausseen gehabt haben und sich nun in der Nähe der Großstadt in städtische Straßen umwandeln. Wir beobachten hier dieselbe Erscheinung wie an so vielen Stellen in Deutschland: die alten Chausseen sind für das Verkehrsbedürfnis kleiner Städte zur Verbindung dieser untereinander und mit den

4) Jahrelang hatte sich hier die Straßenbahngesellschaft bemüht, die Erlaubnis zur unmittelbaren Verbindung der beiden Linien unter Schienenkreuzung der Eisenbahn zu erhalten; aber alle Bemühungen waren erfolglos geblieben; nach der deutschen Besetzung wurde die Lücke aber geschlossen, denn die durchgehende Straßenbahnverbindung konnte für den Nachschub nach den Schützengräben von Bedeutung werden, während die Schienenkreuzung mit der Vollbahn ziemlich unbedenklich geworden war, da es sich nur noch um eine Ausläuferstrecke zur Front handelte.

Dörfern „trassiert“; sie machen zahlreiche Biegungen, da sie einerseits jedes Dorf aufsuchen, anderseits größere Erdarbeiten und Kunstbauten vermeiden; ihre Breite genügt selten für mehr als zwei Fuhrwerke und zwei Gehwege, und in den Dörfern treten die Häuser vielfach dicht an den Straßenrand heran. Als nun die Städte zu wachsen begannen, siedelten sich in ihrer Umgebung immer mehr Häuser an den Chausseen entlang an, ohne daß deren Linienführung oder Breite für die gesteigerten Verkehrsbedürfnisse umgestaltet wurde; schließlich wurde auch ein Gleis für eine Pferdebahn, die dann vielleicht in eine Dampfbahn umgewandelt wurde, in die nun zur städtischen Straße gewordene Chaussee gelegt, und das beklagenswerte Gebilde war fertig. Oft wurden dann auch, um dem Verkehr an den kritischsten Stellen Bahn zu brechen, unersetzliche alte Werte vernichtet; große Bäume wurden niedergeschlagen, alte Dorfauen verschandelt, Kapellen, Brunnen, Tore abgerissen.

Der neuzeitliche Städtebau bemüht sich, hiergegen einzuschreiten; er sucht die alten Chausseen mit ihren geschichtlichen und schönheitlichen Werten zu erhalten, er läßt ihnen ihre alte Verkehrsbedeutung, er benutzt sie u. U. zur Herstellung von Radial-Parkstreifen und bringt damit ihren alten Baumbestand zu neuen Ehren; er legt aber grundsätzlich keine neuzeitlichen Verkehrsmittel in sie hinein, weil damit doch nur Unvollkommenes geschaffen werden kann. Er legt für die neuen Verkehrsmittel — die Kraftwagen, Straßenbahnen, Schnellbahnen — vielmehr neue Straßenzüge an, er sucht für diese Neuland auf, das noch nicht besiedelt ist, das noch billig zu erwerben ist, auf dem Straßenzüge in gestreckter Linienführung und mit besonderen Streifen für die verschiedenen Verkehrsmittel geschaffen werden können. — Leider kommen hierbei auch Übertreibungen vor: es sind einzelne solche „Ausfall“-Straßen geschaffen und noch mehr sind solche vorgeschlagen worden, deren Gesamtbreite zu groß ist und in die zu viel Verschiedenartiges hineingesteckt worden ist, so daß Gebilde entstanden sind, von denen man nicht weiß, ob sie eigentlich Verkehrswege oder Promenaden sein sollen. Auch hiergegen gehen die Städtebauer vor; sie ordnen große (radial gerichtete) Verkehrsstraßen an mit besonderen Dämmen für Schnellbahnen, für Kraftwagen und für langsam fahrende Fuhrwerke, vermeiden es aber Reitwege oder „Promenaden“ in diese Verkehrswege zu legen; dafür ordnen sie aber anderseits radial gerichtete Promenadenstraßen — oder besser noch Parkverbindungsstreifen — an, die von allem schnellen, geräuschvollen, stauberzeugenden und übelriechenden Verkehr so weit wie möglich entlastet werden und von einer etwa parallel laufenden Hauptverkehrsstraße durch mindestens einen Häuserblock getrennt sind.

Bei dem Boulevard Lille—Roubaix—Tourcoing sind diese zuletzt genannten Anschauungen leider noch nicht verwirklicht worden. Bei seiner Anlage ging man wohl hauptsächlich vom Verkehr aus, und zwar in erster Linie vom Schnellbahnverkehr, und man hat dann die hierfür erforderliche Straßenbreite durch das Hinzufügen eines Radfahr- und eines Reitweges vergrößert; außerdem mag den Erbauern auch der Gedanke vorgeschwebt haben, man könne durch das Anpflanzen von Bäumen eine große Parkverbindung schaffen. — Es darf aber vorweggenommen werden, daß diese Seite der Aufgabe nicht gelöst zu sein scheint, was sich aus den folgenden Erörterungen ergeben dürfte.

Wir müssen zunächst der Linienführung des Boulevards einige Worte widmen. Wie erwähnt, waren die beiden Städte Roubaix und Tourcoing früher nur durch je eine Straße mit Straßenbahn mit Lille verbunden; beide Linien wurden von 1885 bis 1900 mit Dampflokomotiven und dann elektrisch betrieben. Beide Straßen verlaufen in je einem nach außen gerichteten Bogen — die Straße nach Roubaix holt nach Osten, die Straße nach Tourcoing holt nach Westen aus —; sie entfernen sich also beide von den geraden Verbindungslinien zwischen den Städten. Diesem Verlauf der Straßen ist die Besiedlung gefolgt; insbesondere haben sich in der Nähe von Lille gerade an diesen Straßen entlang die dicht bevölkerten Vororte St. Maurice und Madeleine entwickelt. Das zwischen den beiden Straßen liegende mittlere Gebiet ist dagegen wenig bebaut geblieben, denn es hatte keine guten Verkehrswege zu den Städten, und außerdem wurde die Bebauung durch den großen Ostfriedhof und die Eisenbahnanlagen behindert.

Das wirtschaftliche Zurückbleiben des mittleren Gebietes machte sich die Linie des Boulevards zunutze — besonders in der Nähe von Lille. Es konnte hier von der Umwallung ab eine schnurgerade Linie von rd. 4 km Länge geschaffen werden, die nur kurz vor dem nördlichen Ende einen kleinen Knick aufweist. Dann gabelt sich die Straße: der östliche Zweig führt nach Roubaix, der westliche nach Tourcoing.

Über die Geschichte des Boulevards und seine Kostenbeschaffung sei mitgeteilt:[5])

Bereits 1860 hat der damalige Stadtbaurat (directeur des travaux publics) von Lille den Bau einer großen, Lille mit Roubaix verbindenden Straße angeregt; aber erst 1901 gelang es dem Chefingenieur des Departements Nord die staatliche Genehmigung zum Bau zu erwirken. Die Baukosten sollten übernommen werden:

a) von den drei Städten,

b) vom Departement Nord,

c) von der Gesellschaft, der die künftigen Schnellbahnen genehmigt werden sollten, und zwar sollte diese 2000000 Fr. beisteuern. Die Gesamtkosten waren zu 8500000 Fr. ermittelt; der Bau sollte in zwei Abschnitten erfolgen: zunächst sollten für einen Gesamtbetrag von 5500000 Fr. der Unterbau, der große Mittelweg (Schnellfahrdamm), die Bürgersteige, die Baumpflanzungen und die Kunstbauten (besonders die Eisenbahn- und Kanalbrücken) hergestellt werden; danach sollten zu einem Betrag von 3000000 Fr. die seitlichen Fahrdämme ausgeführt werden. Der erste Teil der Arbeiten war Ende 1909 fertiggestellt, die Schnellbahn, deren Kosten in den obigen Summen nicht enthalten sind, wurde Ende 1909 eröffnet. Die seitlichen Fahrdämme und der Durchbruch durch die Umwallung Lilles waren 1914 noch in Ausführung.

Um der Schnellbahn die Zahlung der 2000000 Fr. zu erleichtern, wurde ihr der Bau einer Reihe von Straßenbahnen mit zusammen rd. 38 km Länge genehmigt, die hauptsächlich von Roubaix und Tourcoing ausgehen und hier an die Schnellbahn anstoßen.

---

5) Vgl. die Zeitschrift „Der Städtebau“, Januar 1920.

Der regelmäßige Querschnitt des großen Boulevards zeigt, wie aus Abb. 7 zu ersehen, eine Breite von insgesamt 49 m, die in folgender Weise eingeteilt ist:

Bürgersteig	3,50 m
Langsam-Fahrdamm	5,50 „
Schnellbahnstreifen	11,00 „
Schnellfahrdamm	9,00 „
Allee zum Radfahren und Reiten	11,00 „
Langsam-Fahrdamm	5,50 „
Bürgersteig	3,50 „
zus.	49,00 m.

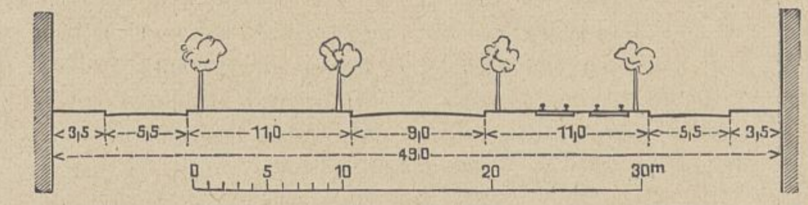


Abb. 7. Querschnitt durch den großen Boulevard.

Von dem „Schnellbahnstreifen" werden für den lichten Querschnitt der zweigleisigen Bahn nur 7 m (zwischen den Baumreihen gemessen) in Anspruch genommen, so daß beiderseits Fußsteige (von verschiedener Breite) übrig bleiben. Der Schnellbahnstreifen und der Radfahrer-Reiterstreifen zeigen je zwei Baumreihen, so daß die Straße eine vierreihige Allee bildet — oder vielmehr bilden wird, wenn die Bäume einmal groß und gleichmäßig sein werden. Daß dies aber je eintreten wird und daß damit die beabsichtigte symmetrische Wirkung des Straßenzuges erreicht werden wird, darf man bezweifeln und vielmehr vermuten, daß die Bäume sich infolge der verschiedenartigen Lebensbedingungen und unter dem ihnen gefährlichen Staub des Schnellfahr- (Kraftwagen-) Dammes ungleichmäßig entwickeln werden.

Da wir mit diesen Worten zu einer Kritik des Straßenzuges gekommen sind, sei nachfolgendes erwähnt: die symmetrische Durchbildung des Straßenquerschnitts scheint uns, wie in so vielen Fällen, auch hier verfehlt, sie scheint uns gekünstelt, denn so verschiedenartige Verkehrsmittel, wie es Schnellbahnen, Reiter, Kraftwagen sind, lassen sich nicht in ein einheitliches Schema zwängen. Sodann muß man bezüglich der großen schnurgeraden Längen einzelner Streckenteile Zweifel hegen; — ob diese dauernd ästhetische Bedenken zeitigen werden, läßt sich allerdings noch nicht übersehen, da die Bäume noch zu klein sind, und die Straße größtenteils noch nicht zugebaut ist. Wo Bebauung bereits vorhanden ist, kann sie vielfach leider nicht befriedigen; es sind allerdings eine Reihe vornehmer, groß angelegter Landhäuser vorhanden, daneben aber sind Mietkasernen und Reihenhäuser in geschmacklosen Formen entstanden, und vielfach treten auch die kahlen Giebel in der bekannten häßlichen Weise in Erscheinung. Es ist bedauerlich, daß man auf die Architektur der Straßenwand so wenig Sorgfalt verwandt hat; — der doch sicher gewollte monumentale Eindruck wird besonders in dem unmittelbar an Lille anstoßenden Teil selbst dann nicht mehr erzielt werden können, wenn man künftig sorgfältiger vorgeht und eine vornehme, einheitliche Architektur durch entsprechende Bauordnungen erzwingt.

Mancher deutsche Städtebauer wird überhaupt den Gesamtgedanken dieses großen Boulevards ablehnen: ein entsprechend durchgebildeter Bebauungsplan würde sicher ohne größeren Geldaufwand eine große mehrteilige Verkehrsstraße und einen davon ganz losgelösten Promenadenweg oder Parkverbindungsstreifen ermöglicht haben, und man hätte dabei sicher die Ruhe, den Baumbestand und die Schönheiten des Friedhofs, der Parkanlagen und des Kanals mit heranziehen und zu größerer Wirkung bringen können.

Insbesondere ist vom ästhetischen Standpunkt die Höhendurchbildung — der Längenschnitt — zu bemängeln. Das Gelände zeigt einige Mulden und Rücken, denen die Straße naturgemäß folgen müßte; außerdem waren Eisenbahnen zu unterfahren, Wasserläufe zu überbrücken, wodurch in die Längenschnitte einige Bewegung hineinkam. Verkehrstechnisch boten die Höhenunterschiede keine Schwierigkeiten, da alle Steigungen gering bleiben. Auf ihre schönheitliche Wirkung scheinen die Längenschnitte aber nicht geprüft worden zu sein, obwohl das bei dem Streben nach möglichst langen geraden Straßenstrecken besonders notwendig gewesen wäre. Bekanntlich muß man sich bei solchen Straßen vor „Buckeln" hüten, da diese sehr unschön wirken. Hier sind aber zahlreiche Buckel vorhanden; von einzelnen Stellen aus sieht man sogar zwei Buckel hintereinander. Es hätte sich sicher eine Prüfung verlohnt, ob man nicht durch schwach geschweifte (statt der schnurgeraden) Strecken und Vermeidung der hohen Buckel eine bessere Wirkung hätte erzielen können. — Vielleicht läßt sich künftig noch etwas dadurch verbessern, daß man zur Maskierung der Buckel bedeutungsvolle Blickpunkte (Points de vue) schafft; an manchen Stellen ist die Gelegenheit hierzu allerdings schon verpaßt, da hier charakterlose Häuser schon aufgeführt sind.

Eine andere ästhetische Frage ist folgende: wie oben gesagt, ist für den ganzen Boulevard ein einheitlicher Querschnitt zugrunde gelegt. Verkehrstechnisch ist das nicht notwendig, schönheitlich ist es bedenklich. Nun sind aber die Seitenstraßen und die Bürgersteige auf große Strecken noch nicht gebaut (nur vorbereitet), auch die Allee mit dem Reit- und Radfahrweg ist unfertig, ferner sind die Alleebäume noch jung, und die Bebauung fehlt noch auf großen Strecken. Es wäre daher zu prüfen, ob man nicht besser von dem einheitlichen Querschnitt abweichen sollte: man könnte mit den Häuserfronten stellenweise sowohl vor- wie zurückrücken, und man könnte in die bisher mathematisch abgezirkelte Bepflanzung Abwechslungen hineinbringen.

Der Regelquerschnitt ist nur in den Einführungen in die Städte verlassen. Die nach Lille hinein ist leider teilweise so eng, daß die Schnellbahn streckenweise nur eingleisig ist. Die Einführung in Roubaix findet an einem langgestreckten Park entlang statt. Der Park führt von der Innenstadt strahlig nach außen (nach SSW); er ist schmal, liegt aber in einer tiefeingeschnittenen Mulde, in deren Grund man die den Park begleitenden Häuser und Fabriken kaum bemerkt; der schmale Streifen ist also sehr geschickt ausgenutzt. In den letzten Jahren ist offensichtlich viel für die Verschönerung des Parkes geschehen; der südliche Teil macht den Eindruck einer neuen einheitlichen künstlerischen Parkschöfung; der die Mulde durchfließende Wasserlauf ist zur Belebung der Landschaft gut ausgenutzt. Am Ostrand des

Parkes zieht sich eine Allee entlang, welche die unmittelbare Fortsetzung des Boulevards in die Stadt bildet. In der Allee liegen die beiden Schnellbahngleise auf der einen (östlichen) Seite des Fahrdammes, sie haben dort also keinen eigenen Streifen mehr, und die Geschwindigkeit muß daher ermäßigt werden. Weiter nach der Stadt zu geht die Allee in eine breite städtische Straße über, die nur einen Fahrdamm hat, an dessen beiden Seiten je ein Schnellbahngleis liegt; neben dem Fahrdamm verläuft beiderseits je eine breite Allee mit je zwei Reihen schöner alter Bäume; an den Häusern entlang sind die Alleen durch je einen schmalen Bürgersteig begrenzt. In Tourcoing endigt der Boulevard unvermittelt vor dem Seitenkanal, der Tourcoing an den Kanal von Roubaix anschließt. Als Fortsetzung dienen die alten städtischen Straßen, durch welche die Schnellbahn (nun also als gewöhnliche Straßenbahn) bis zur Grand'Place führt.

Der Oberbau der Schnellbahn ist verschieden durchgebildet, je nachdem die Strecke im Pflaster oder auf eigenem Bahnkörper liegt. Das im Pflaster liegende Gleis besteht aus Rillenschienen von 40 kg/m Gewicht. Die Strecken mit eigenem Bahnkörper haben gewöhnliche Breitfußschienen von 30 kg/m Gewicht, die auf Eichenschwellen ruhen. Der Stoß ist ruhend; die Stoßschwelle ist besonders breit; die Laschen haben acht Schraubenbolzen. Die Bettung besteht aus zerschlagenem Beton; die Entwässerung ist — entsprechend dem feuchten Untergrund Lilles — sehr vorsichtig durchgebildet.

Das Gleis machte Anfang 1915, also nach etwa fünfjähriger Benutzung, teilweise schon einen schlechten Eindruck; offensichtlich ist die Unterhaltung nicht sorgfältig genug gewesen, von den Schwellen waren viele schon so zermürbt, daß sie auf Veranlassung der deutschen Behörden ausgewechselt werden mußten. Die Fahrgeschwindigkeit beträgt 40 km/St. Die Reisegeschwindigkeit sinkt aber infolge der 19 Haltestellen auf etwa 26 km. Die Fahrzeit beträgt rd. 25 Minuten für jede der beiden rd. 11 km langen Strecken. — Das Kraftwerk Wasquehal gehört der „Société de l'Energie électrique du Nord de la France". Es versorgt das nördlich von Lille gelegene Gebiet mit den Orten Roubaix, Madeleine, Quesnoy, Deulemont usw. mit Elektrizität und liefert den Strom für die Straßenbahnen Roubaix — Tourcoing und das Schnellbahnunternehmen.

Das 1906 bis 1907 erbaute und im Oktober 1907 in Betrieb genommene Kraftwerk liegt sehr günstig im Schwerpunkt der Bevölkerungsmasse, von den Geschäftsmittelpunkten Lille, Roubaix und Tourcoing ist es je 7 — 3 — 5,5 km entfernt. Auch die Lage zu Eisenbahn und Wasserstraße ist günstig: das Werk liegt unmittelbar an einem Zweigkanal des „Kanals von Roubaix" und konnte mit der Eisenbahn Lille — Roubaix durch ein kurzes Anschlußgleis verbunden werden, so daß die Kohlenzufuhr auf Schiff und Eisenbahn bequem und billig ist.

Aus den Schiffen wird die Kohle an dem zum Werk gehörigen Kai mittels elektrisch betriebenen Kranes entnommen und auf Lager oder unmittelbar vor die Kessel gebracht.

Der in dem großen Kraftwerk Wasquehal erzeugte Wechselstrom von 10000 V wird in vier Unterstationen in Gleichstrom von 550 V umgewandelt. Die Unterstationen liegen in Roubaix, Tourcoing, Leers und Madeleine. Die Stromzuführung zu den Zügen ist oberirdisch; bei den schnellbefahrenen Linien ist die Vielfachaufhängung des Arbeitsdrahtes angewendet worden. Bei dieser von den Siemens-Schuckert-Werken gelieferten Konstruktion trägt ein in Form einer Kette geführtes Kabel zunächst einen ungefähr wagerechten Hilfsdraht aus Stahl mit 6 mm Durchmesser, an dem der Arbeitsdraht mittels kurzer senkrechter Drähte aufgehängt ist; der Arbeitsdraht besteht aus Kupfer und hat den bekannten nierenförmigen Querschnitt. Die Masten sind in gefälligen Formen gehalten.

Die statische Berechnung schiefer Dreigelenkgewölbe.

Den Bau schiefer massiver Bogenbrücken mit drei Gelenken wird man nach Möglichkeit zu vermeiden suchen.

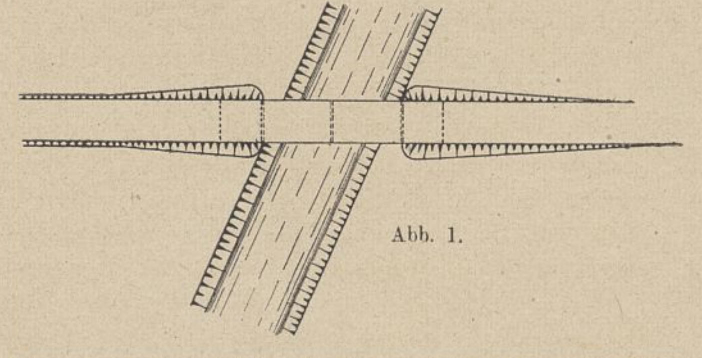


Abb. 1.

Wenn es angängig ist, ordnet man nach Abb. 1 die Widerlager und die Gelenkfugen senkrecht zu den Brückenstirnen an. Die Brücke wird zwar länger und höher, was bei beschränkter Konstruktionshöhe von Bedeutung ist; etwaige Rampen fallen höher und daher kostspieliger aus. Aber man erhält klarere statische Verhältnisse; die Herstellung der Brücke wird einfacher. In vielen Fällen hat man jedoch den Bau eines schiefen Dreigelenkgewölbes vorgezogen; die Widerlager und die Gelenkfugen sind entsprechend dem spitzen Achsenschnittwinkel schief zu den Brückenstirnen angelegt (Abb. 2). Die Vorteile der schiefen Brücken treten besonders bei städtischen Straßenbrücken in die Erscheinung, wo es sich um breite zu überführende Wege handelt, wo die Bauhöhe beschränkt ist und wo die Rücksicht auf die äußere Formgebung eine große Bedeutung hat. — Die schiefe Anordnung der Gelenke zu der Brückenlängsachse verlangt Vorsorge dafür, daß die beiden Gelenkhälften sich nicht in

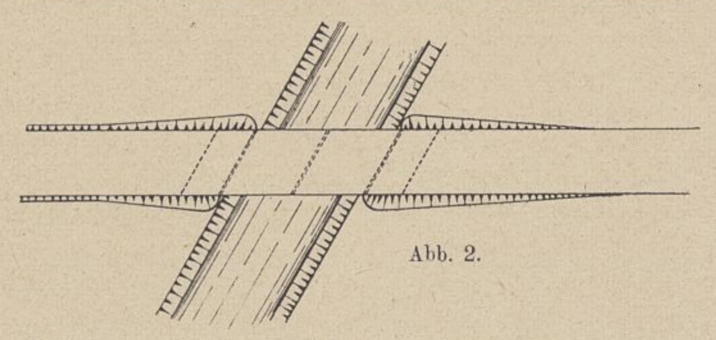


Abb. 2.

Richtung ihrer Berührungslinien gegeneinander verschieben können. Bei geringer Schiefe wird namentlich bei Beton- oder Steingelenken die Reibung hierzu ausreichen. Bei größerer Schiefe hat man sich bei Betongelenken durch senkrecht stehende Eisenplatten geholfen, die nur auf der einen Seite fest einbetoniert sind, damit ein Drehen in den Gelenken möglich ist. Wirksamer kann man diese wagerechten Schubkräfte bei Stahlgelenken aufnehmen, indem man bei Wälzgelenken Knaggen oder Dübel und bei Zapfengelenken, bei denen eine durchgehende Welle vorhanden ist, Kammzapfen vorsieht, die ein Verschieben der Gelenkhälften gegeneinander unmöglich machen. (Vgl. den Aufsatz des Verfassers in der Zeitschrift für Bauwesen, Jahrg. 1913, S. 635 ff.)

Bei der Berechnung der schiefen Dreigelenkgewölbe begnügt man sich im allgemeinen damit, gemäß Abb. 3 die

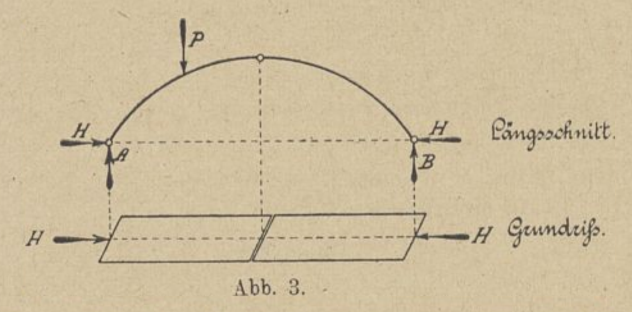


Abb. 3.

Auflagerkräfte A, B und H einzuführen und sie wie bei einem statisch bestimmten geraden Dreigelenkbogen zu ermitteln. In Fällen, wo der Achsenschnittwinkel nur wenig von 90° abweicht, mag diese vereinfachende Annahme gestattet sein; bei spitzeren Winkeln ist eine genauere Untersuchung angebracht. Im folgenden wird eine derartige Berechnung an einem Beispiel zahlenmäßig durchgeführt; zum Schluß wird auch festgestellt, welchen Einfluß ein Nachgeben der Widerlager und Wärmeänderungen zur Folge haben. Bei den senkrechten Lasten wird ein Angriff, der symmetrisch zur Brückenlängsachse erfolgt, vorausgesetzt. Dies entspricht auch der üblichen Annahme bei geraden Gewölben. Einer späteren Abhandlung soll es vorbehalten bleiben zu zeigen, welche Spannungen durch exzentrischen Lastangriff hervorgerufen werden.

In Abb. 4 sind die eingeführten Kämpferkräfte dargestellt. Es sind

am linken Auflager:

A der lotrechte Stützdruck,
N_a der wagerechte Schub senkrecht zur Gelenkachse,
T_a der wagerechte Schub in Richtung der Gelenkachse,
Y_a das Drehmoment in der durch die Gelenkachse gelegten senkrechten Ebene,
Z_a das Drehmoment in der durch die Gelenkachse gelegten wagerechten Ebene.

Die entsprechenden Kämpferkräfte

am rechten Auflager

sind: B, N_b, T_b, Y_b und Z_b.

Der schiefe Dreigelenkbogen ist, räumlich betrachtet, dreifach statisch unbestimmt. Um das statisch bestimmte Hauptsystem zu erhalten, wird im Scheitel die Verbindung so weit gelöst, daß nur noch Längskräfte in der lotrechten Ebene, die durch die Mitte der Scheitelfuge senkrecht zu dieser gelegt wird, übertragen werden können. Dies kann man z. B. erreichen, indem man in der Mitte des Scheitels

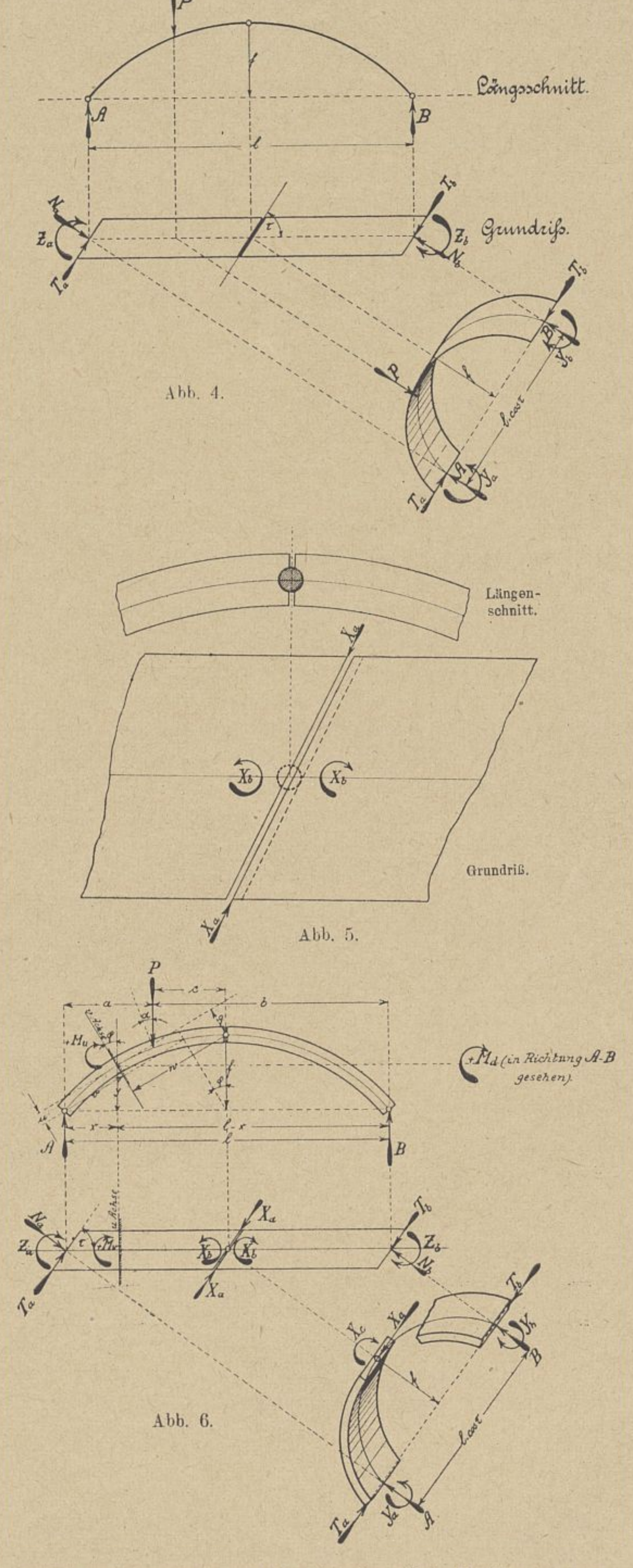


Abb. 4.

Abb. 5.

Abb. 6.

eine Kugel annimmt, die in der einen Gelenkhälfte in einer entsprechenden Aushöhlung lagert, in der anderen Gelenkhälfte dagegen in einer wagerechten Rille frei beweglich ist (Abb. 5). Als statisch Unbestimmte werden im Scheitel die Kräfte X_a, X_b und X_c eingeführt, von denen

X_a die wagerechte Schubkraft in Richtung der Gelenkfuge,

X_b das Drehmoment in der durch die Gelenkachse gelegten wagerechten Ebene und

X_c das Drehmoment in der durch die Gelenkachse gelegten senkrechten Ebene

bedeuten (Abb. 6). Der Richtungssinn der eingeführten Kräfte geht aus der Abb. 6 hervor.

Die in dem statisch bestimmten Hauptsystem auftretenden Kräfte erhalten, wie üblich, den Zeiger 0, während die den Lastzuständen $X_a = 1$, $X_b = 1$ und $X_c = 1$ entsprechenden Kräfte mit den Zeigern a, b und c versehen werden. Folgende Bezeichnungen werden eingeführt (Abb. 6):

l ist die Spannweite und

f ist die Pfeilhöhe des Bogens, in der durch die Längsachse des Gewölbes gelegten senkrechten Ebene gemessen. In derselben Ebene bedeuten

x und y die Koordinaten eines Punktes der Bogenachse,

φ den Neigungswinkel der Bogenachse an diesem Punkte gegen die Wagerechte,

a, b und c die Abstände der Last P von den Kämpfern und dem Scheitel,

u und q die Abstände des linken Kämpfers und des Scheitels von der Tangente, die in dem Punkte mit den Koordinaten x, y an die Bogenachse gelegt ist,

v und w die Abstände des linken Kämpfers und des Scheitels von der Normalen zur Bogenachse in dem Punkte mit den Koordinaten x, y.

Mit τ wird der Winkel, unter dem die drei Gelenkachsen im Grundriß gegen die Längsachse der Brücke geneigt sind, bezeichnet.

Es werden jetzt die den einzelnen Lastzuständen entsprechenden Stützkräfte ermittelt für den Fall, daß eine Einzellast P auf der linken Bogenhälfte und zwar, wie bereits vorausgesetzt, in der Symmetrieachse angreift.

Statisch bestimmtes Hauptsystem.

Momentengleichung um die Gelenkachse B:

$$A_0 \cdot l \cdot \sin\tau - P \cdot b \cdot \sin\tau = 0; \text{ daher } A_0 = P\frac{b}{l}, \text{ weshalb } B_0 = P\frac{a}{l}.$$

Da wagerechte Kräfte in Richtung der Gelenkachsen nicht vorhanden sind und auch am Scheitel nicht übertragen werden können, werden

$$T_{a_0} = T_{b_0} = 0.$$

Momentengleichung um die Scheitelgelenkachse:

$$A_0 \cdot \frac{l}{2} \cdot \sin\tau - P \cdot c \cdot \sin\tau - N_{a_0} \cdot f = 0.$$

Hieraus findet man

$$N_{a_0} = P \cdot \frac{a \cdot \sin\tau}{2 \cdot f} = N_{b_0}.$$

Momentengleichung um die wagerechte Achse, die in der Mitte des Scheitelgelenks senkrecht zur Gelenkachse steht:

$$A_0 \cdot \frac{l}{2} \cdot \cos\tau - P \cdot c \cdot \cos\tau - Y_{a_0} = 0$$

$$Y_{a_0} = P \cdot \frac{a}{2} \cdot \cos\tau = Y_{b_0}.$$

Momentengleichung um die Lotrechte durch die Mitte des Scheitelgelenks:

$$Z_{a_0} - N_{a_0} \cdot \frac{l}{2} \cdot \cos\tau = 0.$$

Setzt man den obigen Wert für N_{a_0} ein, so findet man:

$$Z_{a_0} = P\frac{a \cdot l}{4 \cdot f} \sin\tau \cdot \cos\tau = Z_{b_0}.$$

Entsprechend erhält man

bei dem Zustande $X_a = 1$

$$A_a = B_a = N_{aa} = N_{ba} = 0,$$
$$T_{aa} = T_{ba} = 1,$$
$$Y_{aa} = Y_{ba} = -f,$$
$$Z_{aa} = Z_{ba} = -\frac{l}{2} \cdot \sin\tau,$$

bei dem Zustande $X_b = 1$

$$A_b = B_b = N_{ab} = N_{bb} = T_{ab} = T_{bb} = 0,$$
$$Y_{ab} = Y_{bb} = 0,$$
$$Z_{ab} = +1, \quad Z_{bb} = -1 \text{ und}$$

bei dem Zustande $X_c = 1$

$$A_c = B_c = N_{ac} = N_{bc} = T_{ac} = T_{bc} = 0,$$
$$Y_{ac} = Y_{bc} = +1 \text{ und}$$
$$Z_{ac} = Z_{bc} = 0.$$

Die Zusammensetzung der Teilwerte liefert folgende Ausdrücke für die Kämpferkräfte:

$$1) \begin{cases} A = P \cdot \frac{b}{l}; B = P \cdot \frac{a}{l}. \\ N_a = N_b = P \cdot \frac{a \cdot \sin\tau}{2 \cdot f}. \\ T_a = T_b = X_a. \\ Y_a = Y_b = P \cdot \frac{a}{2} \cdot \cos\tau - X_a \cdot f + X_c. \\ Z_a = P \cdot \frac{a \cdot l}{4 \cdot f} \cdot \sin\tau \cdot \cos\tau - X_a \cdot \frac{l}{2} \cdot \sin\tau + X_b. \\ Z_b = P \cdot \frac{a \cdot l}{4 \cdot f} \cdot \sin\tau \cdot \cos\tau - X_a \cdot \frac{l}{2} \cdot \sin\tau - X_b. \end{cases}$$

Legt man in einem Punkte der Bogenachse einen Schnitt senkrecht zu der Bogenachse und der durch sie gebildeten Symmetrieebene (Abb. 6), so wird dieser Schnitt durch ein

Biegungsmoment M_u, das in der durch die Bogenachse gelegten Aufrißebene wirkt, durch ein

Biegungsmoment M_v, das in der an die Bogenachse gelegten Tangentialebene wirkt, die unter dem Winkel φ gegen die Wagerechte geneigt ist und sowohl senkrecht zu der Schnittebene als auch zu der Symmetrieebene steht, und durch ein

Drehmoment M_d in der Schnittebene oder parallel ihr beansprucht.

Der Richtungssinn dieser Momente geht aus der Abb. 6 hervor.

Die Momente werden:

$$2) \quad M_u = A \cdot x - N_a \cdot \sin\tau \cdot y - T_a \cdot \cos\tau \cdot y - Y_a \cdot \cos\tau$$

links von P und

$$M_u = A \cdot x - P \cdot (x-a) - N_a \cdot \sin\tau \cdot y - T_a \cdot \cos\tau \cdot y - Y_a \cdot \cos\tau$$

rechts von P.

Setzt man die obigen Werte für die Stützkräfte ein, so wird

$$2a) \quad M_u = P \cdot \left[\frac{b}{l} \cdot x \left\{-(x-a)\right\}_{x=a}^{x=l} - \frac{a \cdot \sin^2\tau}{2f} \cdot y - \frac{a \cdot \cos^2\tau}{2}\right] + X_a \cdot \cos\tau \cdot (f-y) - X_c \cdot \cos\tau.$$

Der Ausdruck $\left\{-(x-a)\right\}_{x=a}^{x=l}$ tritt nur dann in die Erscheinung, wenn der Schnitt rechts von der Last P liegt. Die partiellen Ableitungen nach den statisch Unbestimmten sind

$$\frac{\partial M_u}{\partial X_a} = +\cos\tau \cdot (f-y); \quad \frac{\partial M_u}{\partial X_b} = 0; \quad \frac{\partial M_u}{\partial X_c} = -\cos\tau.$$

$$M_v = -N_a \cdot \cos\tau \cdot v + T_a \cdot \sin\tau \cdot v + Z_a \cdot \cos\varphi + Y_a \cdot \sin\varphi \cdot \sin\tau.$$

Benutzt man die obigen Werte für die Stützkräfte und beachtet außerdem, daß $\frac{l}{2} \cdot \cos\varphi + f \cdot \sin\varphi - v = w$ ist, so wird

$$3)\quad M_v = P \cdot \frac{a}{2f} \cdot \sin\tau \cdot \cos\tau \cdot w - X_a \cdot \sin\tau \cdot w + X_b \cdot \cos\varphi + X_c \cdot \sin\tau \cdot \sin\varphi$$

und

$$\frac{\partial M_v}{\partial X_a} = -\sin\tau \cdot w, \quad \frac{\partial M_v}{\partial X_b} = +\cos\varphi, \quad \frac{\partial M_v}{\partial X_c} = +\sin\tau \cdot \sin\varphi.$$

$$M_d = -N_a \cdot \cos\tau \cdot u + T_a \cdot \sin\tau \cdot u - Z_a \cdot \sin\varphi + Y_a \cdot \cos\varphi \cdot \sin\tau.$$

Nach Einsetzung der Werte für die Stützkräfte läßt sich dieser Ausdruck auf

$$4)\quad M_d = -P \cdot \frac{a}{2f} \cdot \sin\tau \cdot \cos\tau \cdot q + X_a \cdot \sin\tau \cdot q - X_b \cdot \sin\varphi + X_c \cdot \sin\tau \cdot \cos\varphi$$

vereinfachen, wenn man bedenkt, daß $u + \frac{l}{2} \cdot \sin\varphi - f \cdot \cos\varphi = q$ ist. Die partiellen Ableitungen lauten:

$$\frac{\partial M_d}{\partial X_a} = +\sin\tau \cdot q; \quad \frac{\partial M_d}{\partial X_b} = -\sin\varphi; \quad \frac{\partial M_d}{\partial X_c} = +\sin\tau \cdot \cos\varphi.$$

Zu den Gleichungen 3 und 4 gelangt man etwas bequemer, wenn man nicht wie hier vom linken Kämpfer aus, sondern vom Scheitel aus an den Schnitt herangeht.

Zur Bestimmung der statisch Unbestimmten stehen die bekannten Arbeitsgleichungen

$$5)\quad \begin{cases} L_a = \int \frac{M_u}{E \cdot J_u} \cdot \frac{\partial M_u}{\partial X_a} \cdot ds + \int \frac{M_v}{E \cdot J_v} \cdot \frac{\partial M_v}{\partial X_a} \cdot ds \\ \qquad + \int \zeta \cdot \frac{J_u + J_v}{4 \cdot J_u \cdot J_v} \cdot \frac{M_d}{G} \cdot \frac{\partial M_d}{\partial X_a} \cdot ds + \int \varepsilon \cdot t_0 \cdot \frac{\partial N}{\partial X_a} \cdot ds, \\ L_b = \int \frac{M_u}{E \cdot J_u} \cdot \frac{\partial M_u}{\partial X_b} \cdot ds + \int \frac{M_v}{E \cdot J_v} \cdot \frac{\partial M_v}{\partial X_b} \cdot ds \\ \qquad + \int \zeta \cdot \frac{J_u + J_v}{4 \cdot J_u \cdot J_v} \cdot \frac{M_d}{G} \cdot \frac{\partial M_d}{\partial X_b} \cdot ds + \int \varepsilon \cdot t_0 \cdot \frac{\partial N}{\partial X_b} \cdot ds, \\ L_c = \int \frac{M_u}{E \cdot J_u} \cdot \frac{\partial M_u}{\partial X_c} \cdot ds + \int \frac{M_v}{E \cdot J_v} \cdot \frac{\partial M_v}{\partial X_c} \cdot ds \\ \qquad + \int \zeta \cdot \frac{J_u + J_v}{4 \cdot J_u \cdot J_v} \cdot \frac{M_d}{G} \cdot \frac{\partial M_d}{\partial X_c} \cdot ds + \int \varepsilon \cdot t_0 \cdot \frac{\partial N}{\partial X_c} \cdot ds \end{cases}$$

zur Verfügung. Hierin bedeuten

L_a, L_b und L_c die virtuellen Arbeiten der Auflagerkräfte bei den Zuständen $X_a = 1$, $X_b = 1$ und $X_c = 1$,

N die in einem Querschnitt herrschende Normalkraft,

E den Elastizitätsmodul,

G den Gleitmodul,

J_u das dem Moment M_u zugeordnete Trägheitsmoment in bezug auf die senkrecht zur Symmetrieebene stehende wagerechte Querschnittachse u,

J_v das dem Moment M_v zugeordnete Trägheitsmoment in bezug auf die senkrecht zur Bogenachse stehende, in der Symmetrieebene liegende Querschnittachse v,

ds das Bogendifferential,

t_0 die Wärmeänderung gegenüber der Aufstellungstemperatur,

ε die Längenausdehnungszahl bei Wärmeänderung,

ζ einen Beiwert in dem Ausdruck

$$\vartheta = \zeta \cdot \frac{J_u + J_v}{4 \cdot J_u \cdot J_v} \cdot \frac{M_d}{G}$$

für den verhältnismäßigen Verdrehungswinkel ϑ.

Der Einfluß der Normalkräfte und der Querkräfte ist als unwesentlich vornachlässigt. Der Anteil der Verdrehungsarbeit bei der virtuellen Formänderungsarbeit ist $\int \vartheta \cdot \frac{\partial M_d}{\partial X} \cdot ds$, wo für den Verdrehungswinkel ϑ der soeben aufgeführte Ausdruck einzuführen ist. Man erhält so die

$$\int \zeta \cdot \frac{J_u + J_v}{4 \cdot J_u \cdot J_v} \cdot \frac{M_d}{G} \cdot \frac{\partial M_d}{\partial X} \cdot ds$$

in den Gleichungen 5.

Bei der Anwendung dieser Gleichungen ist zu vermerken, daß sie eigentlich nur für zugeordnete, aufeinander senkrecht stehende Querschnittshauptachsen gelten. Die hier eingeführten Querschnittsachsen u und v stehen wohl aufeinander senkrecht, indem sie die Schnittlinien der senkrecht zur Bogenachse und zur Symmetrieebene gelegten Querschnittsfläche (Abb. 6) einmal mit der an die Bogenachse gelegten, senkrecht zur Symmetrieebene stehenden Tangentialebene und das andere Mal mit der Symmetrieebene selbst darstellen, aber es sind keine zugeordneten Hauptachsen. Denn infolge des schiefen Grundrisses der Brücke wird im allgemeinen der Querschnitt, der durch den senkrecht zur Bogenachse und senkrecht zu der Symmetrieebene des Gewölbes gelegten Schnitt erzeugt wird, kein wagerecht liegendes Rechteck wie bei einer geraden Brücke, sondern er verläuft gekrümmt. Die Mittellinie zwischen der oberen und unteren Leibung geht durch den Schnittpunkt der beiden eingeführten Querschnittsachsen u und v, bewegt sich aber auf der einen Seite der Gewölbelängsachse unter und auf der anderen Seite über der wagerechten Querschnittsachse u. Der Fehler, der hierdurch gemacht wird, ist indessen unerheblich, namentlich bei flacheren Brücken, wie sie bei schiefen Dreigelenkgewölben die Regel sind. Man würde sich den Gang der Rechnung unnötig erschweren, wenn man von Querschnitt zu Querschnitt die zugeordneten Hauptachsen erst jedesmal bestimmen und mit anderen Momentenachsen rechnen wollte. Die Genauigkeit der Rechnung würde keine größere in Anbetracht der anderen vorhandenen Fehlerquellen, wie Unklarheit über die Größe der Verdrehungsarbeit bei derartig großen Querschnitten und Zweifel, ob die eingeführten Werte für die Biegungsarbeit bei derartig hohen Querschnitten, wie sie der Breite eines Gewölbes entsprechen, noch in vollem Umfange zutreffend sind. Außerdem hat, wie die Durchrechnung von Zahlenbeispielen ergeben hat, die Größe der Trägheitsmomente und ihres Verhältnisses zueinander nur einen geringen Einfluß.

Es kann jetzt unter Anwendung der Gleichungen 2a, 3 und 4 an die Auswertung der einzelnen Integrale der Gleichungen 5 gegangen werden. Der Einfluß eines Nachgebens der Widerlager und etwaiger Wärmeänderungen wird hier zunächst nicht behandelt, sondern am Schluß gesondert untersucht werden.

Die Trägheitsmomente J_u und J_v werden für den ganzen Bogen als unveränderlich angesehen.

$$6)\quad \int \frac{M_u}{E \cdot J_u} \cdot \frac{\partial M_u}{\partial X_a} \cdot ds = \frac{\cos\tau}{E \cdot J_u} \Big\{ P \Big[\frac{b}{l} \int_0^l x \cdot (f - y) \cdot ds - \int_a^l (x - a) \cdot (f - y) \cdot ds - \frac{a \cdot \sin^2\tau}{2f} \int_0^l y \cdot (f - y) \cdot ds - \frac{a \cdot \cos^2\tau}{2} \int_0^l (f - y) \cdot ds \Big] + X_a \cdot \cos\tau \int_0^l (f - y)^2 \cdot ds - X_c \cdot \cos\tau \int_0^l (f - y) \cdot ds \Big\}.$$

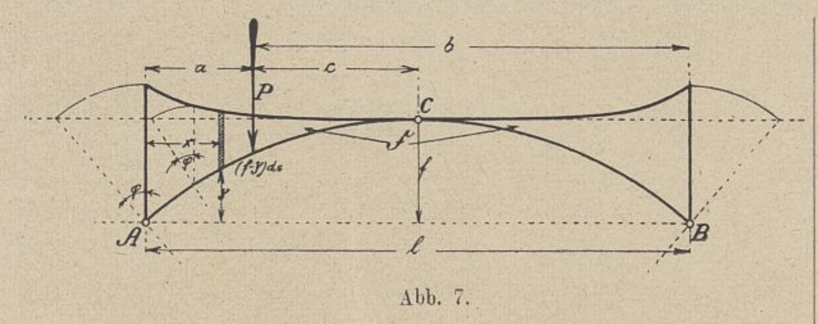


Abb. 7.

In der Abb. 7 sind über der Bogenachse die Werte $\frac{f-y}{\cos\varphi}$ aufgetragen. Die so erzeugte Kurve schließt mit der Bogenachse und den beiden Senkrechten durch A und B eine Fläche

$$\mathfrak{F} = \int_0^l (f-y)\cdot ds$$

ein. Das $\int_0^l x(f-y)\cdot ds$ ist dann das statische Moment dieser Fläche in bezug auf die Lotrechte durch A, so daß

$$\mathfrak{F}\cdot\frac{l}{2} = \int_0^l x(f-y)\cdot ds.$$

Das $\int_a^l (x-a)(f-y)\,ds$ ist das statische Moment des Teiles der Fläche $\mathfrak{F}$, der zwischen P und B liegt, in bezug auf P. Schreibt man den Bogenteilchen die Gewichte $(f-y)\cdot ds$ zu, so ist das statische Moment des so belasteten Bogens in bezug auf die Wagerechte AB gleich $\int_0^l y\cdot(f-y)\cdot ds$ und in bezug auf die Wagerechte durch C gleich

$$\int_0^l (f-y)^2\cdot ds.$$

Die Auswertung dieser Integrale gestaltet sich demnach bei jeder beliebigen Bogenform sehr einfach; auch die Berücksichtigung eines veränderlichen Trägheitsmomentes J_u bereitet nicht die mindesten Schwierigkeiten.

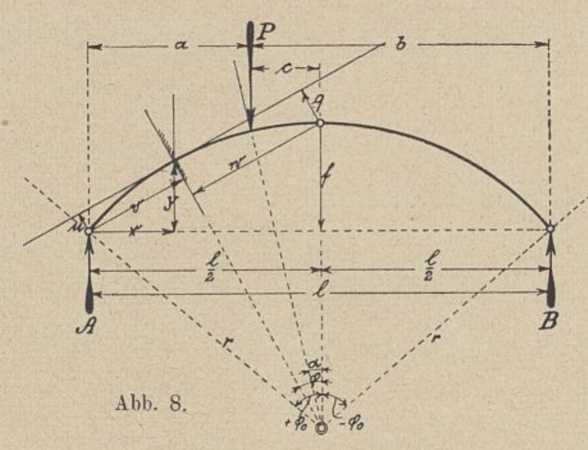


Abb. 8.

Sehr bequem wird die Rechnung bei einem Kreisbogen mit dem Halbmesser r. Mit den in Abb. 8 eingeführten Bezeichnungen gilt:

$$x = r\cdot(\sin\varphi_0 - \sin\varphi), \qquad f = r\cdot(1-\cos\varphi_0),$$
$$y = r\cdot(\cos\varphi - \cos\varphi_0), \qquad f-y = r\cdot(1-\cos\varphi)$$
$$\text{und } ds = -r\cdot d\varphi.$$

Setzt man diese Werte ein und integriert in den Grenzen von $+\varphi_0$ bis $-\varphi_0$, bzw. von $+\alpha$ bis $-\varphi_0$, so erhält man folgendes:

$\int_0^l (f-y)\cdot ds = 2r^2(\varphi_0 - \sin\varphi_0)$. Beim Kreisbogen ist also die Fläche $\mathfrak{F}$ gleich dem vierfachen Inhalt des Kreisabschnittes von A bis zum Scheitel C.

$$\int_0^l x\cdot(f-y)\cdot ds = 2r^3\cdot\sin\varphi_0(\varphi_0 - \sin\varphi_0).$$

$$\int_0^l y\cdot(f-y)\cdot ds = r^3[-2\varphi_0\cdot\cos\varphi_0 + \sin\varphi_0\cdot\cos\varphi_0 + 2\sin\varphi_0 - \varphi_0].$$

$$\int_0^l (f-y)^2\cdot ds = r^3[3(\varphi_0 - \sin\varphi_0) - \sin\varphi_0(1-\cos\varphi_0)].$$

$$\int_a^l (x-a)\cdot(f-y)\cdot ds = r^3[\sin\alpha(\alpha - \sin\alpha + \varphi_0 - \sin\varphi_0) + \cos\alpha - \cos\varphi_0 - \tfrac{1}{2}(\sin^2\varphi_0 - \sin^2\alpha)].$$

Schreibt man

$$\int\frac{M_u}{E\cdot J_u}\cdot\frac{\partial M_u}{\partial X_a}\cdot ds = P\cdot\delta_{uma} + X_a\cdot\delta_{uaa} + X_b\cdot\delta_{uab} + X_c\cdot\delta_{uac}$$

so bedeuten die Beiwerte δ_{uma}, δ_{uaa}, δ_{uab} und δ_{uac} die Wege bzw. die virtuellen Arbeiten der Kräfte P, X_a, X_b und X_c bei dem Zustande $X_a = 1$ unter der Annahme, daß nur die Formänderungsarbeit der Momente M_u gerechnet, die der Momente M_v und M_d hingegen gleich Null gesetzt wird. Mit den obigen Werten für die Integrale werden

$$7)\begin{cases}\delta_{uma} = \dfrac{r^3\cdot\cos\tau}{E\cdot J_u}\Big[\sin\alpha(\varphi_0-\alpha) + \tfrac{1}{2}(\sin\varphi_0 - \sin\alpha)^2 - \cos\alpha + \cos\varphi_0 \\ \qquad + \dfrac{a\cdot\sin^2\tau}{2\cdot f}(3\varphi_0 - 4\sin\varphi_0 + \sin\varphi_0\cdot\cos\varphi_0)\Big]; \\ \delta_{uaa} = \dfrac{r^3\cdot\cos^2\tau}{E\cdot J_u}\left(3\varphi_0 - 4\sin\varphi_0 + \sin\varphi_0\cdot\cos\varphi_0\right); \\ \delta_{uab} = 0; \\ \delta_{uac} = -\dfrac{2r^2\cdot\cos^2\tau}{E\cdot J_u}\left(\varphi_0 - \sin\varphi_0\right).\end{cases}$$

$$8)\ \int\frac{M_u}{E\cdot J_u}\cdot\frac{\partial M_u}{\partial X_b}\cdot ds = 0.$$

$$9)\ \int\frac{M_u}{E\cdot J_u}\cdot\frac{\partial M_u}{\partial X_c}\cdot ds = -\frac{\cos\tau}{E\cdot J_u}\Big\{P\Big[\frac{b}{l}\int_0^l x\cdot ds - \int_a^l (x-a)\cdot ds - \frac{a}{2}\int_0^l ds + \frac{a\cdot\sin^2\tau}{2f}\int_0^l (f-y)\cdot ds\Big] + X_a\cdot\cos\tau\int_0^l (f-y)\cdot ds - X_c\cdot\cos\tau\int_0^l ds\Big\}.$$

Die Bedeutung dieser Integrale ist klar. Es bedeuten

$\int_0^l ds$ die Bogenlänge $\widehat{s}$ zwischen den Kämpfern,

$\int_0^l x\,ds$ das statische Moment des Bogens in bezug auf die Lotrechte durch A, gleich $\widehat{s}\cdot\frac{l}{2}$,

$\int_a^l (x-a)\cdot ds$ das statische Moment des zwischen P und B liegenden Bogenteils in bezug auf P und

$\int_0^l (f-y)\cdot ds = \mathfrak{F}$, wie oben.

Beim Kreisbogen insbesondere wird:

$$\int_0^l ds = 2r\cdot\varphi_0, \qquad \int_0^l x\cdot ds = 2r^2\varphi_0\cdot\sin\varphi_0,$$

$$\int_a^l (x-a)\cdot ds = r^2[\sin\alpha(\alpha + \varphi_0) + \cos\alpha - \cos\varphi_0]$$

und $\int_0^l (f-y)\cdot ds = 2r^2(\varphi_0 - \sin\varphi_0)$.

Setzt man diese Werte in Gleichung 9 ein und schreibt

$$\int\frac{M_u}{E\cdot J_u}\cdot\frac{\partial M_u}{\partial X_c}\cdot ds = P\cdot\delta_{umc} + X_a\cdot\delta_{uac} + X_b\cdot\delta_{ubc} + X_c\cdot\delta_{ucc}$$

wo die Beiwerte δ_{umc}, δ_{uac}, δ_{ubc} und δ_{ucc} bei dem Zustande $X_c = 1$ die Wege der Kräfte P, X_a, X_b und X_c bedeuten, wenn allein die virtuelle Formänderungsarbeit der Biegungsmomente M_u berücksichtigt wird, so gilt:

$$10)\quad \begin{cases} \delta_{umc} = \dfrac{r^2 \cdot \cos\tau}{E \cdot J_u}\Big[\cos\alpha - \cos\varphi_0 - \sin\alpha(\varphi_0 - \alpha) \\ \qquad\qquad - \dfrac{a \cdot \sin^2\tau}{f}(\varphi_0 - \sin\varphi_0)\Big], \\ \delta_{uac} = -\dfrac{2 \cdot r^2 \cdot \cos^2\tau}{E \cdot J_u}(\varphi_0 - \sin\varphi_0), \\ \delta_{ubc} = 0, \\ \delta_{ucc} = \dfrac{2 \cdot r \cdot \cos^2\tau}{E \cdot J_u} \cdot \varphi_0. \end{cases}$$

$$11)\quad \int \frac{M_v}{E \cdot J_v} \cdot \frac{\partial M_v}{\partial X_a} \cdot ds = \frac{\sin\tau}{E \cdot J_v} \cdot \Big[- P\frac{a \cdot \sin\tau \cdot \cos\tau}{2f}\int_0^l w^2 \cdot ds + X_a \cdot \sin\tau \int_0^l w^2 \cdot ds - X_b \int_0^l w \cdot \cos\varphi \cdot ds - X_c \cdot \sin\tau \int_0^l w \cdot \sin\varphi \cdot ds\Big].$$

Die Auswertung der Integrale $\int w^2 \cdot ds$, $\int w \cdot \cos\varphi \cdot ds$ und $\int w \cdot \sin\varphi \cdot ds$ ist bei jeder Bogenform selbst unter Berücksichtigung veränderlicher Trägheitsmomente tabellarisch oder zeichnerisch ohne Schwierigkeiten durchführbar. Es wird bei jedem Bogen, dessen Scheitelgelenk in der Mitte liegt und der symmetrisch zum Scheitel aufgebaut ist,

$$\int_0^l w \cdot \cos\varphi \cdot ds = 0.$$

Weiter erhält man beim Kreisbogen, wo $w = r \cdot \sin\varphi$ ist,

$$\int_0^l w^2 \cdot ds = r^3(\varphi_0 - \sin\varphi_0 \cdot \cos\varphi_0) \text{ und}$$

$$\int_0^l w \cdot \sin\varphi \cdot ds = r^2(\varphi_0 - \sin\varphi_0 \cdot \cos\varphi_0).$$

Zerlegt man wieder:

$$\int \frac{M_v}{E \cdot J_v} \cdot \frac{\partial M_v}{\partial X_a} \cdot ds = P \cdot \delta_{vma} + X_a \cdot \delta_{vaa} + X_b \cdot \delta_{vab} + X_c \cdot \delta_{vac},$$

so wird unter Anwendung dieser Integrale und der Gleichung 11:

$$12)\quad \begin{cases} \delta_{vma} = -\dfrac{a \cdot r^3 \cdot \sin^2\tau \cdot \cos\tau}{2 \cdot f \cdot E \cdot J_v}(\varphi_0 - \sin\varphi_0 \cdot \cos\varphi_0), \\ \delta_{vaa} = \dfrac{r^3 \cdot \sin^2\tau}{E \cdot J_v}(\varphi_0 - \sin\varphi_0 \cdot \cos\varphi_0), \\ \delta_{vab} = 0 \quad \text{und} \\ \delta_{vac} = -\dfrac{r^2 \cdot \sin^2\tau}{E \cdot J_v}(\varphi_0 - \sin\varphi_0 \cdot \cos\varphi_0). \end{cases}$$

$$13)\quad \int \frac{M_v}{E \cdot J_v} \cdot \frac{\partial M_v}{\partial X_b} \cdot ds = \frac{1}{E \cdot J_v}\Big[P\frac{a \cdot \sin\tau \cdot \cos\tau}{2f}\int_0^l w \cdot \cos\varphi \cdot ds - X_a \cdot \sin\tau \int_0^l w \cdot \cos\varphi \cdot ds + X_b \int_0^l \cos^2\varphi \cdot ds + X_c \cdot \sin\tau \int_0^l \sin\varphi \cdot \cos\varphi \cdot ds\Big].$$

Ferner wird wieder gesetzt

$$\int \frac{M_v}{E \cdot J_v} \cdot \frac{\partial M_v}{\partial X_b} \cdot ds = P\ \delta_{vmb} + X_a \cdot \delta_{vab} + X_b \cdot \delta_{vbb} + X_c \cdot \delta_{vbc}.$$

Bei jedem symmetrisch zu der Lotrechten durch den Scheitel angeordneten Bogen werden

$$\int_0^l w \cdot \cos\varphi \cdot ds = \int_0^l \sin\varphi \cdot \cos\varphi \cdot ds = 0.$$

Für den Kreisbogen erhält man

$$\int_0^l \cos^2\varphi \cdot ds = r(\varphi_0 + \sin\varphi_0 \cdot \cos\varphi_0),$$

so daß

$$14)\quad \begin{cases} \delta_{vmb} = 0, \\ \delta_{vab} = 0; \\ \delta_{vbb} = \dfrac{r}{E \cdot J_v}(\varphi_0 + \sin\varphi_0 \cdot \cos\varphi_0) \text{ und} \\ \delta_{vbc} = 0 \text{ werden.} \end{cases}$$

$$15)\quad \int \frac{M_v}{E \cdot J_v} \cdot \frac{\partial M_v}{\partial X_c} \cdot ds = P \cdot \delta_{vmc} + X_a \cdot \delta_{vac} + X_b \cdot \delta_{vbc} + X_c \cdot \delta_{vcc}$$
$$= \frac{\sin\tau}{E \cdot J_v}\Big[P\frac{a \cdot \sin\tau \cdot \cos\tau}{2f}\int_0^l w \cdot \sin\varphi \cdot ds - X_a \cdot \sin\tau \int_0^l w \cdot \sin\varphi \cdot ds + X_b \int_0^l \sin\varphi \cdot \cos\varphi \cdot ds + X_c \cdot \sin\tau \int_0^l \sin^2\varphi \cdot ds\Big].$$

Nach Ausführung der Integrationen erhält man für den Kreisbogen:

$$16)\quad \begin{cases} \delta_{vmc} = \dfrac{a \cdot r^2 \cdot \sin^2\tau \cdot \cos\tau}{2f \cdot E \cdot J_v}(\varphi_0 - \sin\varphi_0 \cdot \cos\varphi_0), \\ \delta_{vac} = -\dfrac{r^2 \cdot \sin^2\tau}{E \cdot J_v}(\varphi_0 - \sin\varphi_0 \cdot \cos\varphi_0), \\ \delta_{vbc} = 0, \\ \delta_{vcc} = \dfrac{r^2 \cdot \sin^2\tau}{E \cdot J_v}(\varphi_0 - \sin\varphi_0 \cdot \cos\varphi_0). \end{cases}$$

$$17)\quad \int \zeta \cdot \frac{J_u + J_v}{4 \cdot J_u \cdot J_v} \cdot \frac{M_d}{G} \cdot \frac{\partial M_d}{\partial X_a} \cdot ds$$
$$= P \cdot \delta_{dma} + X_a \cdot \delta_{daa} + X_b \cdot \delta_{dab} + X_c \cdot \delta_{dac}$$
$$= \zeta \cdot \frac{J_u + J_v}{4 \cdot J_u \cdot J_v} \cdot \frac{\sin\tau}{G}\Big[- P\frac{a \cdot \sin\tau \cdot \cos\tau}{2f}\int_0^l q^2 \cdot ds + X_a \cdot \sin\tau \int_0^l q^2 \cdot ds - X_b \int_0^l q \cdot \sin\varphi \cdot ds + X_c \cdot \sin\tau \int_0^l q \cdot \cos\varphi \cdot ds\Big].$$

Auch hier lassen sich die Integrationen für jede Bogenform ohne Schwierigkeiten durchführen. Für einen symmetrischen Bogen wird $\int_0^l q \cdot \sin\varphi \cdot ds = 0$. Weiterhin wird be einem Kreisbogen $q = r(1 - \cos\varphi)$ (Abb. 8), so daß für diesen

$$\int_0^l q^2 ds = r^3(3\varphi_0 - 4\sin\varphi_0 + \sin\varphi_0 \cdot \cos\varphi_0)$$

$$\text{und}\quad \int_0^l q \cdot \cos\varphi \cdot ds = r^2(2\sin\varphi_0 - \sin\varphi_0 \cdot \cos\varphi_0 - \varphi_0)$$

werden. Man erhält somit

$$18)\quad \begin{cases} \delta_{dma} = -\zeta\dfrac{J_u + J_v}{4 \cdot G \cdot J_u \cdot J_v} \cdot \dfrac{a \cdot \sin^2\tau \cdot \cos\tau}{2f} \cdot r^3(3\varphi_0 - 4\sin\varphi_0 \\ \qquad\qquad + \sin\varphi_0 \cdot \cos\varphi_0), \\ \delta_{daa} = \zeta\dfrac{J_u + J_v}{4 \cdot G \cdot J_u \cdot J_v}\sin^2\tau \cdot r^3(3\varphi_0 - 4\sin\varphi_0 + \sin\varphi_0 \cdot \cos\varphi_0), \\ \delta_{dab} = 0 \quad \text{und} \\ \delta_{dac} = \zeta\dfrac{J_u + J_v}{4 \cdot G \cdot J_u \cdot J_v} \cdot \sin^2\tau \cdot r^2(2\sin\varphi_0 - \sin\varphi_0 \cdot \cos\varphi_0 - \varphi_0). \end{cases}$$

$$19)\quad \int \zeta \cdot \frac{J_u + J_v}{4 \cdot J_u \cdot J_v} \cdot \frac{M_d}{G} \cdot \frac{\partial M_d}{\partial X_b} \cdot ds$$
$$= P \cdot \delta_{dmb} + X_a \cdot \delta_{dab} + X_b \cdot \delta_{dbb} + X_c \cdot \delta_{dbc}$$
$$= \zeta \cdot \frac{J_u + J_v}{4 \cdot J_u \cdot J_v} \cdot \frac{1}{G}\Big[P\frac{a \cdot \sin\tau \cdot \cos\tau}{2f}\int_0^l q \cdot \sin\varphi \cdot ds - X_a \cdot \sin\tau \int_0^l q \cdot \sin\varphi \cdot ds + X_b \int_0^l \sin^2\varphi \cdot ds - X_c \cdot \sin\tau \int_0^l \sin\varphi \cdot \cos\varphi \cdot ds\Big].$$

Die Integrale $\int q \cdot \sin\varphi \cdot ds$ und $\int \sin\varphi \cdot \cos\varphi \cdot ds$ werden für jeden symmetrischen Bogen gleich Null. Für den Kreisbogen insbesondere erhält man:

$$20)\quad\begin{cases}\delta_{dmb}=0,\\ \delta_{dab}=0,\\ \delta_{dbb}=\zeta\cdot\dfrac{J+J_v}{4\cdot G\cdot J_u\cdot J_v}\,r\cdot(\varphi_0-\sin\varphi_0\cdot\cos\varphi_0)\ \text{und}\\ \delta_{dbc}=0.\end{cases}$$

$$21)\quad\int\zeta\cdot\frac{J_u+J_v}{4\cdot J_u\cdot J_v}\,\frac{M_d}{G}\cdot\frac{\partial M_d}{\partial X_c}\cdot ds$$
$$=P\cdot\delta_{dmc}+X_a\cdot\delta_{dac}+X_b\cdot\delta_{dbc}+X_c\cdot\delta_{dcc}$$
$$=\zeta\cdot\frac{J_u+J_v}{4\cdot J_u\cdot J_v}\cdot\frac{\sin\tau}{G}\Big[-P\frac{a\cdot\sin\tau\cdot\cos\tau}{2f}\int_0^l q\cdot\cos\varphi\ ds$$
$$+X_a\cdot\sin\tau\int_0^l q\cdot\cos\varphi\cdot ds-X_b\int_0^l\sin\varphi\cdot\cos\varphi\cdot ds$$
$$+X_c\cdot\sin\tau\int_0^l\cos^2\varphi\cdot ds\Big].$$

Nach Auswertung der Integrale erhält man für einen Kreisbogen:

$$22)\quad\begin{cases}\delta_{dmc}=-\zeta\cdot\dfrac{J_u+J_v}{4\cdot G\cdot J_u\cdot J_v}\cdot\dfrac{a\cdot\sin^2\tau\cdot\cos\tau}{2f}\cdot r^2(2\sin\varphi_0-\sin\varphi_0\cdot\cos\varphi_0-\varphi_0),\\ \delta_{dac}=\zeta\cdot\dfrac{J_u+J_v}{4\cdot G\cdot J_u\cdot J_v}\cdot\sin^2\tau\cdot r^2(2\sin\varphi_0-\sin\varphi_0\cdot\cos\varphi_0-\varphi_0),\\ \delta_{dbc}=0\ \text{und}\\ \delta_{dcc}=\zeta\cdot\dfrac{J_u+J_v}{4\cdot G\cdot J_u\cdot J_v}\cdot\sin^2\tau\cdot r(\varphi_0+\sin\varphi_0\cdot\cos\varphi_0).\end{cases}$$

Somit sind die Integrale der Gleichungen 5 ausgewertet. Führt man jetzt

$$\begin{aligned}\delta_{ma}&=\delta_{uma}+\delta_{vma}+\delta_{dma},\\ \delta_{mb}&=\delta_{umb}+\delta_{vmb}+\delta_{dmb},\\ \delta_{mc}&=\delta_{umc}+\delta_{vmc}+\delta_{dmc},\\ \delta_{aa}&=\delta_{uaa}+\delta_{vaa}+\delta_{daa},\\ \delta_{bb}&=\delta_{ubb}+\delta_{vbb}+\delta_{dbb},\\ \delta_{cc}&=\delta_{ucc}+\delta_{vcc}+\delta_{dcc},\\ \delta_{ab}&=\delta_{uab}+\delta_{vab}+\delta_{dab},\\ \delta_{ac}&=\delta_{uac}+\delta_{vac}+\delta_{dac}\\ \text{und}\quad\delta_{bc}&=\delta_{ubc}+\delta_{vbc}+\delta_{dbc}\end{aligned}$$

ein, so sind δ_{ma}, δ_{mb}, δ_{mc}, δ_{aa} und δ_{ab} usw. nichts anderes als die Beiwerte der bekannten Arbeitsgleichungen

$$23)\quad\begin{cases}0=P\cdot\delta_{ma}+X_a\cdot\delta_{aa}+X_b\cdot\delta_{ab}+X_c\cdot\delta_{ac},\\ 0=P\cdot\delta_{mb}+X_a\cdot\delta_{ab}+X_b\cdot\delta_{bb}+X_c\cdot\delta_{bc},\\ 0=P\cdot\delta_{mc}+X_a\cdot\delta_{ac}+X_b\cdot\delta_{bc}+X_c\cdot\delta_{cc}.\end{cases}$$

Die Zusammenstellung der Gleichungen 7, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20 und 22 ergibt dann nach einigen Umrechnungen folgende Beiwerte der Arbeitsgleichungen 23, wenn man noch $\dfrac{J_v}{J_u}=\psi$ setzt:

$$24)\quad\begin{cases}\delta_{ma}=\dfrac{r^3\cdot\cos\tau}{E\cdot J_v}\Big\{\psi\Big[\sin\alpha(\varphi_0-\alpha)+\tfrac{1}{2}(\sin\varphi_0-\sin\alpha)^2-\cos\alpha+\cos\varphi_0\Big]+\\ \qquad+\dfrac{a\cdot\sin^2\tau}{2f}\Big[(3\varphi_0-4\sin\varphi_0+\sin\varphi_0\cdot\cos\varphi_0)\Big(\psi-\dfrac{\zeta}{4}\cdot\dfrac{E}{G}\{1+\psi\}\Big)-(\varphi_0-\sin\varphi_0\cdot\cos\varphi_0)\Big]\Big\}.\\ \delta_{mb}=0.\\ \delta_{mc}=\dfrac{r^2\cdot\cos\tau}{E\cdot J_v}\Big\{\psi\Big[\cos\alpha-\cos\varphi_0-\sin\alpha(\varphi_0-\alpha)\Big]-\dfrac{a\sin^2\tau}{2f}\Big[2\psi(\varphi_0-\sin\varphi_0)-(\varphi_0-\sin\varphi_0\cdot\cos\varphi_0)+\\ \qquad+\dfrac{\zeta}{4}\cdot\dfrac{E}{G}(1+\psi)(2\sin\varphi_0-\sin\varphi_0\cdot\cos\varphi_0-\varphi_0)\Big]\Big\}.\\ \delta_{aa}=\dfrac{r^3}{E\cdot J_v}\Big\{\Big[3\varphi_0-4\sin\varphi_0+\sin\varphi_0\cdot\cos\varphi_0\Big]\Big[\psi\cdot\cos^2\tau+\dfrac{\zeta}{4}\cdot\dfrac{E}{G}(1+\psi)\cdot\sin^2\tau\Big]+\sin^2\tau(\varphi_0-\sin\varphi_0\cdot\cos\varphi_0)\Big\}.\\ \delta_{bb}=\dfrac{r}{E\cdot J_v}\Big[\varphi_0+\sin\varphi_0\cdot\cos\varphi_0+\dfrac{\zeta}{4}\cdot\dfrac{E}{G}(1+\psi)(\varphi_0-\sin\varphi_0\cdot\cos\varphi_0)\Big].\\ \delta_{cc}=\dfrac{r}{E\cdot J_v}\Big[2\psi\cdot\cos^2\tau\cdot\varphi_0+\sin^2\tau(\varphi_0-\sin\varphi_0\cdot\cos\varphi_0)+\dfrac{\zeta}{4}\cdot\dfrac{E}{G}(1+\psi)\sin^2\tau(\varphi_0+\sin\varphi_0\cdot\cos\varphi_0)\Big].\\ \delta_{ab}=0.\\ \delta_{ac}=\dfrac{r^2}{E\cdot J_v}\Big[-2\psi\cdot\cos^2\tau(\varphi_0-\sin\varphi_0)-\sin^2\tau(\varphi_0-\sin\varphi_0\cdot\cos\varphi_0)+\dfrac{\zeta}{4}\cdot\dfrac{E}{G}(1+\psi)\cdot\sin^2\tau(2\sin\varphi_0-\sin\varphi_0\cdot\cos\varphi_0-\varphi_0)\Big].\\ \delta_{bc}=0.\end{cases}$$

Infolge $\delta_{mb}=\delta_{ab}=\delta_{bc}=0$ vereinfachen sich die Arbeitsgleichungen 23 in

$$0=P\cdot\delta_{ma}+X_a\cdot\delta_{aa}+X_c\cdot\delta_{ac}$$
$$0=\delta_{bb}\cdot X_b$$
$$0=P\cdot\delta_{mc}+X_a\cdot\delta_{ac}+X_c\cdot\delta_{cc}.$$

Hieraus erhält man

$$25)\quad\begin{cases}X_a=\dfrac{-\delta_{ma}\cdot\delta_{cc}+\delta_{mc}\cdot\delta_{ac}}{\delta_{aa}\cdot\delta_{cc}-\delta_{ac}^2}\cdot P,\\ X_b=0\ \text{und}\\ X_c=\dfrac{\delta_{ma}\cdot\delta_{ac}-\delta_{mc}\cdot\delta_{aa}}{\delta_{aa}\cdot\delta_{cc}-\delta_{ac}^2}\cdot P.\end{cases}$$

Das Moment X_b wird also gleich Null.

Die Formeln 24 für die Beiwerte gelten streng genommen nur für einen Kreisbogen. Man kann sie aber auch, ohne einen wesentlichen Fehler zu machen, für einen nach einer anderen Kurve geformten Bogen benutzen, wenn man ihn durch einen Kreisbogen von derselben Spannweite und derselben Pfeilhöhe vertauscht und aus diesem die Werte r, α, φ_0 entnimmt. Hat man dann die statisch Unbestimmten für den Ersatzbogen berechnet, so sind natürlich die Momente und Spannkräfte unter Zugrundelegung der Koordinaten und sonstigen Abmessungen des wirklichen Bogens zu ermitteln.

Die Ermittlung der Einflußlinien soll an einem bestimmten Zahlenbeispiel verfolgt werden.

Es wird ein Gewölbe angenommen, dessen Spannweite $l=48{,}00$ m und dessen Pfeilhöhe $f=5{,}00$ m beträgt.

Die Gewölbemittelachse ist nach einem Kreisbogen geformt, dessen Radius $r=60{,}10$ m ist.

Es ist
$$\sin\varphi_0=\frac{24{,}0}{60{,}1}=0{,}399334,$$
$$\cos\varphi_0=\frac{55{,}1}{60{,}1}=0{,}916805,$$
$$\varphi_0=0{,}410792,$$
entsprechend einem Winkel von 23° 32′ 12″.

Der Achsenschnittwinkel τ ist gleich $54^0 39' 18''$, ist also sehr klein.

Es werden $\sin \tau = 0{,}815\,684$, $\sin^2 \tau = 0{,}665\,340$,
$\cos \tau = 0{,}578\,499$, $\cos^2 \tau = 0{,}334\,660$,
$\operatorname{tg} \tau = 1{,}41$.

Die Breite des Gewölbes beträgt 8,00 m.

Seine Stärke schwankt zwischen 0,80 m im Kämpfer, 1,05 m in der Bruchfuge und 0,65 m im Scheitel. Eine kräftige Bewehrung ist vorhanden. Die Eiseneinlagen betragen an der oberen und unteren Leibung auf 1 m Gewölbebreite je 5 36 mm Durchm. zwischen der Bruchfuge und dem Scheitel und je 5 28 mm Durchm. zwischen der Bruchfuge und dem Kämpfer.

Die mittleren Trägheitsmomente sind unter Berücksichtigung der Eiseneinlagen ermittelt zu $J_u = 0{,}558$ m⁴ und $J_v = 40{,}6$ m⁴, so daß $\psi = \frac{J_v}{J_u} = 72{,}6$ ist.

Hierbei ist das Verhältnis der Elastizitätsmoduln des Eisens und des Betons $n = 10$ nach den neuen Bestimmungen über die Ausführung von Bauwerken aus Eisenbeton gesetzt worden.

Die Abmessungen des Gewölbes und der kleine Achsenschnittwinkel sind der nördlichen Seestraßenbrücke bei Berlin-Plötzensee entnommen; nur die Gewölbebreite ist eine andere; sie ist hier zu 8 m angenommen, während sie bei der Seestraßenbrücke 18 m beträgt.[1])

Der Elastizitätsmodul wird mit $E = 210\,000$ kg/qcm bzw. mit $E = 2\,100\,000$ t/qm eingeführt.

Der Gleitmodul G wird entsprechend der Formel

$$G = \frac{m}{2\,(m+1)} \cdot E \text{ und mit } m = \frac{10}{3}: \quad G = \frac{5}{13} E.$$

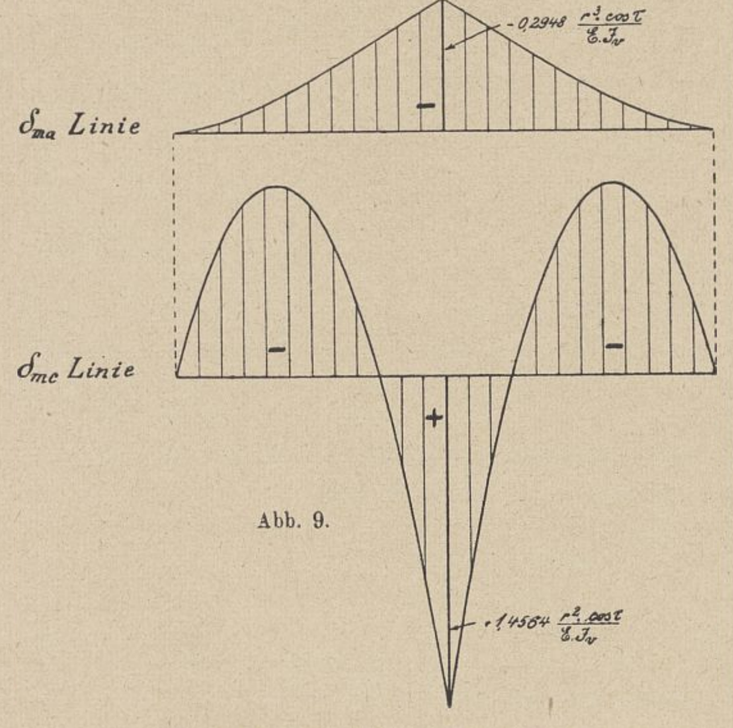


Abb. 9.

Die Zahl ζ wird nach den Versuchen von Bach und Bauschinger zu 1,2 angenommen, so daß

$$\frac{\zeta}{4} \cdot \frac{E}{G} (1 + \psi) = 57{,}5 \quad \text{wird.}$$

1) Zeitschrift für Bauwesen 1913, S. 635 ff.

Mit diesen Zahlen ergeben die Gleichungen 24 folgende Werte:

$$\delta_{aa} = 0{,}101\,789 \frac{r^3}{E \cdot J_v};$$

$$\delta_{ac} = 0{,}246\,125 \frac{r^2}{E \cdot J_v};$$

$$\delta_{cc} = 49{,}713\,247 \frac{r}{E \cdot J_v}.$$

Die Nennerdeterminante N wird

$$N = \delta_{aa} \cdot \delta_{cc} - \delta_{ac}{}^2 = 4{,}999\,684 \frac{r^4}{(E \cdot J_v)^2}.$$

Die Ordinaten der δ_{ma}- und δ_{mc}-Linie sind in je 2 m Abstand voneinander bestimmt und in Abb. 9 aufgetragen; sie verlaufen symmetrisch zum Scheitel.

Die Einflußlinien der statisch Unbestimmten.

Nachdem jetzt sämtliche Beiwerte ermittelt sind, können die Einflußlinien der statisch Unbestimmten X_a und X_c unter Benutzung der Gleichungen 25 errechnet werden. Man erhält die nachstehend zusammengestellten Werte:

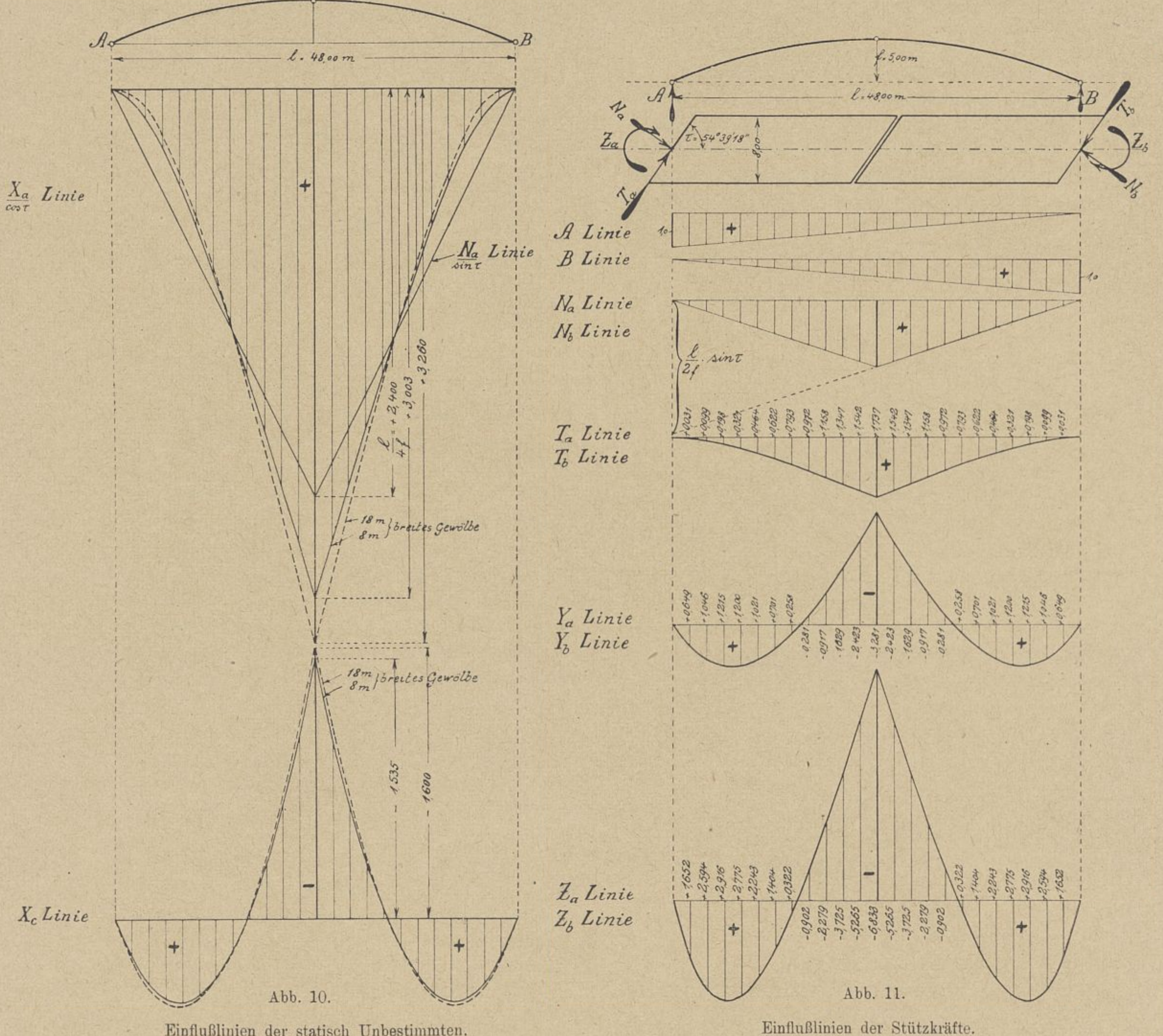
a	X_a	X_c
0,0	+ 0,0000	+ 0,0000
2,0	+ 0,0313	+ 0,2273
4,0	+ 0,0989	+ 0,3834
6,0	+ 0,1981	+ 0,4703
8,0	+ 0,3211	+ 0,4914
10,0	+ 0,4639	+ 0,4482
12,0	+ 0,6225	+ 0,3425
14,0	+ 0,7934	+ 0,1756
16,0	+ 0,9717	− 0,0503
18,0	+ 1,1577	− 0,3354
20,0	+ 1,3473	− 0,6779
22,0	+ 1,5416	− 1,0784
24,0	+ 1,7374	− 1,5355

Die Abb. 10 zeigt die $\frac{X_a}{\cos \tau}$-Linie und die X_c-Linie. Zugleich mit der $\frac{X_a}{\cos \tau}$-Linie ist auch die $\frac{N_a}{\sin \tau}$-Linie zur Darstellung gebracht. Letztere entspricht der H-Linie eines geraden Gewölbes von derselben Spannweite und Pfeilhöhe (Abb. 3). Die Unterschiede zwischen den beiden Linien sind nicht erheblich. Es betragen der Inhalt der $\frac{X_a}{\cos \tau}$-Fläche 58,2 und der der $\frac{N_a}{\sin \tau}$-Fläche 57,6.

Beachtet man noch, daß das Eigengewicht vor allem an den Kämpfern und weniger am Scheitel sitzt, so läßt sich daraus folgern, daß die angenäherte Berechnung, bei der man nach den eingangs gemachten Ausführungen einen Horizontalschub H wie bei einem geraden Gewölbe ermittelt, verhältnismäßig zutreffende Werte für diesen Horizontalschub ergibt.

Bei der X_c-Linie ist
der positive Teil der Einflußfläche = 10,1
und der negative Teil der Einflußfläche = 11,6.

Um festzustellen, wie die Breite der Brücke den Verlauf der Einflußlinien ändert, sind die Einflußlinien der statisch Unbestimmten auch noch für ein 18 m breites Gewölbe errechnet und in der Abb. 10 gestrichelt eingezeichnet. Die Unterschiede sind ganz unbedeutend, und man ersieht daraus, daß man bei der Berechnung der Trägheitsmomente nicht allzu ängstlich zu sein braucht. Mit abnehmender



Einflußlinien der statisch Unbestimmten.

Einflußlinien der Stützkräfte.

Breite des Gewölbes nähert sich die $\frac{X_a}{\cos\tau}$-Linie immer mehr der $\frac{N_a}{\sin\tau}$-Linie, mit der sie zusammenfällt, wenn die Breite = 0 wird. Die X_c-Linie verflacht mit abnehmender Breite der Brücke und verschwindet, indem ihre sämtlichen Ordinaten = 0 werden, wenn die Breite = 0 wird und wenn aus dem räumlichen schiefen Dreigelenkbogen ein ebener Dreigelenkbogen, der dann nur gerade sein kann, wird.

Die Einflußlinien der Kämpferstützkräfte.

Die Einflußlinien der Kämpferstützkräfte sind in Abb. 11 aufgetragen. Zu ihrer Berechnung dienen die Gleichungen 1. Die A-, B-, N_a- und N_b-Linien sind wie bei einem geraden Gewölbe statisch bestimmt und verlaufen daher geradlinig. Die T_a- und die T_b-Linie decken sich mit der X_a-Linie Die Ordinaten der Einflußlinien sind in der Abbildung eingetragen.

Die Einflußlinien der Momente M_u.

Zur Bestimmung der Momente M_u wird zweckmäßig die Gleichung 2 verwandt und die M_u-Linie aus den A-, N_a-, T_a- und Y_a-Linien zusammengesetzt. Es sind die Einflußlinien für fünf Querschnitte in den Abständen $x = 0$ m (Kämpfer), $x = 6$ m, $x = 12$ m (Bruchfuge), $x = 18$ m und $x = 24$ m (Scheitel) berechnet. Die Zahlenrechnungen bieten nichts Besonderes und können hier entbehrt werden. Ihre Ergebnisse sind in der Abb. 12 niedergelegt, in denen die Einflußlinien aufgetragen und die Längen der Ordinaten eingeschrieben sind. Bei einem geraden Gewölbe werden die Momente für den Kämpfer und Scheitel gleich Null. Hier wird für den Kämpfer $M_u = - Y_a \cdot \cos\tau$ und für den Scheitel $M_u = - X_c \cdot \cos\tau$.

Bei den drei übrigen Momenten ist die entsprechende M_u-Linie des geraden, statisch bestimmten Bogens in der Abb. 12 mit aufgenommen und gestrichelt eingetragen. Man ersieht, daß die Unterschiede der beiden Einflußlinien —

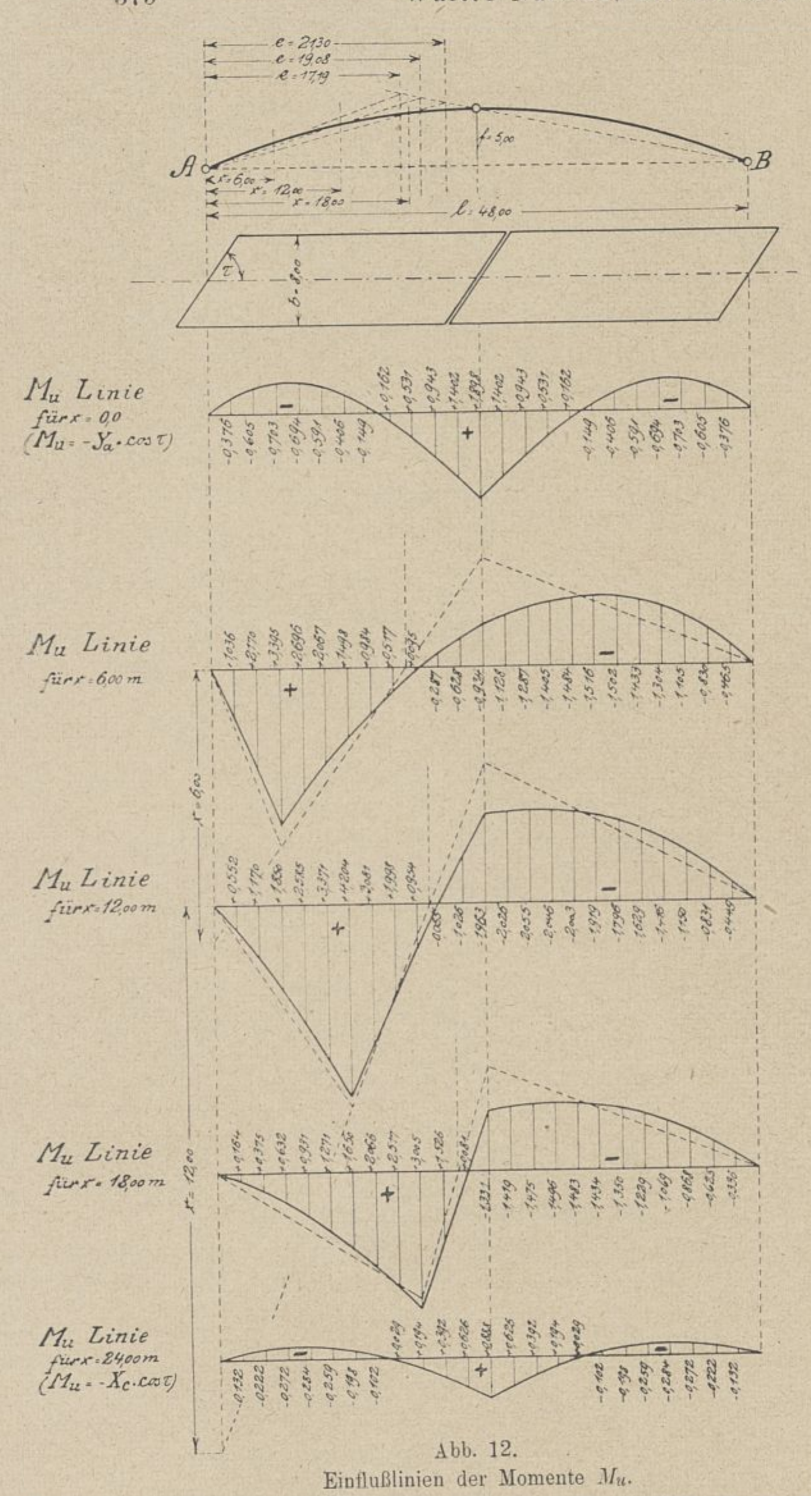


Abb. 12.
Einflußlinien der Momente M_u.

für das schiefe und das gerade Gewölbe — namentlich in dem positiven Teile nicht erheblich sind. Zum besseren Vergleich sind in der nachstehenden Zusammenstellung noch die Größen der Einflußflächen für die einzelnen Querschnitte aufgeführt. Es sind bezeichnet

mit $\mathfrak{F}_+$ und $\mathfrak{F}_-$ der positive bzw. negative Teil der Einflußfläche bei dem schiefen Gewölbe,

mit $\mathfrak{F}'_+$ und $\mathfrak{F}'_-$ der positive bzw. negative Teil der Einflußfläche bei dem statisch bestimmten geraden Gewölbe.

Die Größe von $\mathfrak{F}'_+$ und $\mathfrak{F}'_-$ läßt sich schnell rechnerisch festlegen, wenn man gemäß Abb. 13 erst die Abstände e der Belastungsscheiden vom linken Auflager

$$e = \frac{2f}{\frac{y}{x} + \frac{2f}{l}}$$

und dann die Ordinaten der Einflußlinien unter dem betreffenden Querschnitt und unter dem Scheitel

$$\eta_+ = x \cdot \frac{e - x}{e} \text{ und } \eta_- = x \cdot \frac{l - 2e}{2e}$$

bestimmt.

Querschnitt x	e	Schiefes Gewölbe			Gerades Gewölbe		
		$\mathfrak{F}_+$	$\mathfrak{F}_-$	$\mathfrak{F}_+ + \mathfrak{F}_-$	$\mathfrak{F}'_+$	$\mathfrak{F}'_-$	$\mathfrak{F}'_+ + \mathfrak{F}'_-$
0,0		+ 15,8	− 13,9	+ 1,9	0	0	0
6.0	17,19	+ 28,8	− 30,5	− 1,7	+ 33,6	− 36,7	− 3,1
12,0	19,08	+ 39,5	− 40,7	− 1,2	+ 42,5	− 44,8	− 2,3
18,0	21,30	+ 28,4	− 28,2	+ 0,2	+ 29.7	− 30,4	− 0,7
24,0		+ 6,7	− 5,8	+ 0 9	0	0	0

Man ersieht aus dieser Zusammenstellung, daß die Momente M_u bei dem schiefen Gewölbe etwas kleiner sind als bei dem geraden Gewölbe. Eine Ausnahme machen der Kämpfer und der Scheitel. Der schiefe Dreigelenkbogen nähert sich in seinem statischen Verhalten dem eingespannten Bogen, da in den Kämpfern und im Scheitel keine volle Gelenkfähigkeit mehr vorhanden ist.

Es sollen noch die Biegungsspannungen festgestellt werden, die in der Scheitelfuge und in den Kämpferfugen infolge einer gleichmäßig aufgebrachten Verkehrslast hervorgerufen werden können. Bei städtischen Straßenbrücken ist in vielen Fällen die übliche Festsetzung der größten Verkehrslast auf 500 kg auf den qm zu gering, wenn vollspurige Straßenbahnen und schwere Automobilzüge in Frage kommen. Hier soll deshalb mit 700 kg/qm oder mit 5,6 t auf den lfd. m der 8 m breiten Brücke gerechnet werden. Belastet man den positiven Teil der Einflußfläche, so wird für den Scheitel $M_u = + 6{,}7 \cdot 5{,}6 = + 37{,}5$ tm und für den Kämpfer $M_u = + 15{,}8 \cdot 5{,}6 = + 88{,}5$ tm.

Bei dem Scheitel fallen die Querschnittshauptachsen mit der u- und v-Achse zusammen. Da ferner $J_u = 0{,}245$ m⁴ und die Gewölbestärke $h = 0{,}65$ m ist, wird die entsprechende Biegungsspannung

$$\sigma = \frac{37{,}5 \cdot 0{,}65}{0{,}245 \cdot 2} = 49{,}7 \text{ t/m}^2, \text{ d. s. rd. } 5 \text{ kg/cm}^2.$$

Bei den Kämpfern fallen die Querschnittshauptachsen I und II nicht mit der u- und v-Achse zusammen, sondern das Achsenkreuz I, II ist um einen $\sphericalangle \varphi_0' = 16^0 40'$ gegen das Achsenkreuz u, v gedreht. Die Beziehungen zwischen den Momenten M_u und M_v einerseits und den Momenten M_I und M_{II} anderseits sind geregelt durch

$$M_I = + M_u \cdot \cos \varphi_0' + M_v \cdot \sin \varphi_0'$$

$$\text{und } M_{II} = - M_u \cdot \sin \varphi_0' + M_v \cdot \cos \varphi_0',$$

wo $\sin \varphi_0' = 0{,}287$ und $\cos \varphi_0' = 0{,}958$ ist.

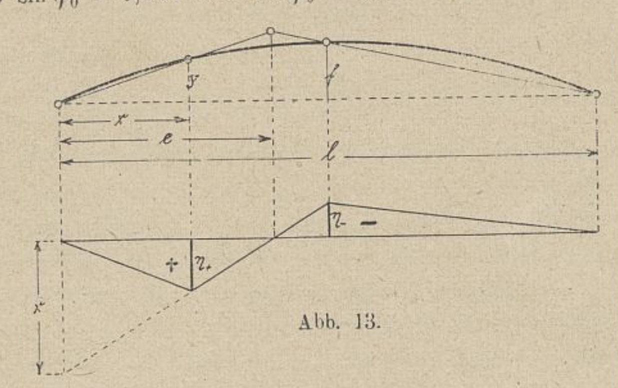


Abb. 13.

Die Spannungen, die dem oben errechneten Moment von $+88,5$ tm entsprechen, sollen später bestimmt werden, nachdem das derselben Belastung entsprechende Moment M_v bekannt ist.

Die Einflußlinien der Momente M_v.

Die Gleichung 3 läßt sich umformen in

$$\frac{M_v}{\sin\varphi \cdot \sin\tau} = P \cdot \frac{a \cdot r_i \cdot \cos\tau}{2f} - X_a \cdot r + X_c,$$

wenn man für w den Wert $w = r \cdot \sin\varphi$ einsetzt. Die in der Abb. 14 aufgetragene $\frac{M_v}{\sin\varphi \cdot \sin\tau}$-Linie ist mittels dieser Beziehung errechnet worden. Sie verläuft symmetrisch zum Scheitel und ist für alle Punkte der Bogenachse dieselbe. Die M_v-Linien der einzelnen Querschnitte unterscheiden sich nur durch den Multiplikator $\sin\varphi \cdot \sin\tau$.

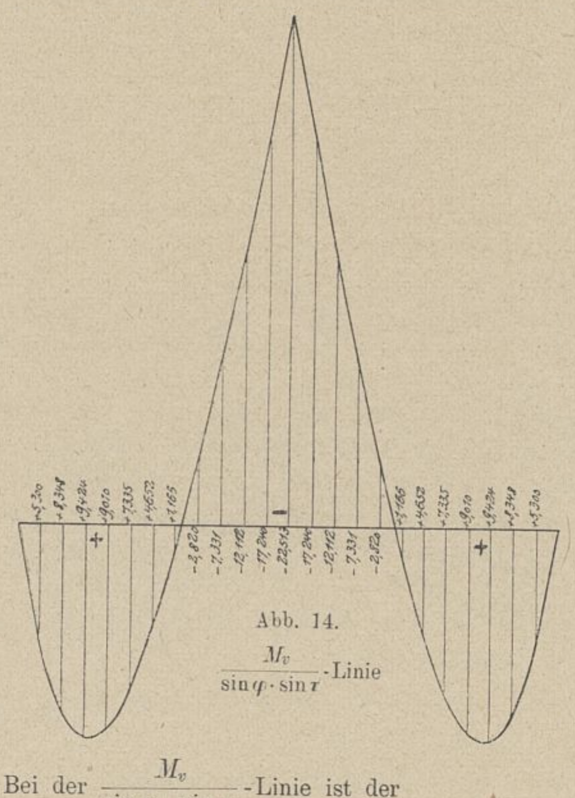


Abb. 14. $\frac{M_v}{\sin\varphi \cdot \sin\tau}$-Linie

Bei der $\frac{M_v}{\sin\varphi \cdot \sin\tau}$-Linie ist der Inhalt der positiven Einflußfläche $\mathfrak{F}_+ = +143,2$ und der Inhalt der negativen Einflußfläche $\mathfrak{F}_- = -201,4$.

Für den Scheitel ist die M_v-Linie gleich Null; sie wird am größten für den Kämpfer. Belastet man den negativen Teil der Einflußfläche mit einer Verkehrslast von 5,6 t/lfd. m, dann wird für den Kämpfer

$$M_v = -0,399 \cdot 0,816 \cdot 201,4 \cdot 5,6 = -367 \text{ tm}.$$

Dieselbe Belastung, der hier das Moment $M_v = -367$ tm entspricht, erzeugt aber auch bei dem Kämpfer das vorhin errechnete Biegungsmoment $M_u = +88,5$ tm; denn die Belastungsscheiden der M_u-Linie und der M_v-Linie weichen nur um 0,38 m voneinander ab. Die Zusammensetzung der beiden Momente liefert für die Querschnittshauptachsen I und II:

$$M_{I} = +88,5 \cdot 0,958 - 367 \cdot 0,287 = -20,4 \text{ tm},$$
$$M_{II} = -88,5 \cdot 0,287 - 367 \cdot 0,958 = -376 \text{ tm}.$$

Die entsprechenden Widerstandsmomente sind zu

$$W_{I} = 1,005 \text{ m}^3$$

und $W_{II} = 8,78$ m³ ermittelt, so daß

$$\sigma = \frac{20,4}{1,005} + \frac{376}{8,78} = 20 + 43 = 63 \text{ t/m}^2 \text{ bzw. } 6,3 \text{ kg/cm}^2$$

wird. Bei dem Scheitel war vorhin eine durch die Verkehrslast erzeugte Biegungsspannung von 5 kg/cm² errechnet.

Diese Spannungen sind ziemlich bedeutend; man muß beachten, daß bei den Dreigelenkbögen der Scheitel und der Kämpfer meistens so schwach bemessen werden, daß die zulässige Beanspruchung bereits durch die reinen Druckspannungen infolge der Normalkräfte erreicht wird. Durch das Eigengewicht allein treten in den Gelenkfugen keine wesentlichen Biegungsspannungen auf. Denn sowohl bei der M_u-Linie als auch bei der M_v-Linie überwiegt der in der Mitte der Brücke gelegene positive bzw. negative Teil der Einflußfläche, während der größere Teil des Eigengewichts nach den Kämpfern zu liegt, so daß sich dies annähernd ausgleichen wird.

Die Einflußlinien der Momente M_d.

Zur Berechnung der Einflußlinien der Momente M_d steht die Gleichung 4 zur Verfügung, aus der hervorgeht, daß die M_d-Linien symmetrisch zur Mittelachse verlaufen. Setzt man in der Gleichung 4 für q den Wert $q = r\,(1 - \cos\varphi)$, so läßt sie sich in

$$M_d = -r \cdot \sin\tau\,(1 - \cos\varphi)\left(\frac{a \cdot \cos\tau}{2f} - X_a\right) + \sin\tau \cdot \cos\varphi \cdot X_c$$

umformen. Mittels dieser Beziehung sind die M_d-Linien für die gleichen Querschnitte wie die M_u-Linien errechnet, nämlich für die Querschnitte in den Abständen $x = 0$ (Kämpfer), $x = 6$ m, $x = 12$ m (Bruchfuge), $x = 18$ m und $x = 24$ m (Scheitel). Für den Scheitel, wo $\sin\varphi = 0$ und $\cos\varphi = 1$, wird $M_d = X_c \cdot \sin\tau$.

In der Abb. 15 sind die fünf Einflußlinien aufgetragen; die Längen der Ordinaten sind angegeben. Die Größen der Einflußflächen sind

für $x = 0$ m: $\mathfrak{F}_+ = +4,5$ $\mathfrak{F}_- = -4,2$
„ $x = 6$ „ $\mathfrak{F}_+ = +1,8$ $\mathfrak{F}_- = -2,2$
„ $x = 12$ „ $\mathfrak{F}_+ = +5,3$ $\mathfrak{F}_- = -6,2$
„ $x = 18$ „ $\mathfrak{F}_+ = +7,5$ $\mathfrak{F}_- = -8,6$
„ $x = 24$ „ $\mathfrak{F}_+ = +8,2$ $\mathfrak{F}_- = -9,4$

Die Drehmomente werden für den Scheitel am größten Belastet man den negativen Teil der Einflußfläche mit einer Verkehrslast von 5,6 t/lfd. m, so wird für den Scheitel

$$M_d = -9,4 \cdot 5,6 = -52,6 \text{ tm}.$$

Diesem Moment entspricht mit $J_u = 0,245$ m⁴ und $h = 0,65$ m eine größte Scherspannung

$$\tau = \frac{3}{8} \cdot \frac{52,6 \cdot 0,65}{0,245} = 52,4 \text{ t/m}^2 \text{ bzw. } \tau = 5,2 \text{ kg/cm}^2,$$

die in den Mitten der oberen und unteren Leibung auftritt. Die zulässige Schubspannung von 4,5 kg/cm² wird somit bereits überschritten. Für eine genügende Querbewehrung eines schiefen Gewölbes ist daher Sorge zu tragen. Die infolge des Eigengewichts auftretenden Drehmomente werden je nach der Lastverteilung verschieden sein. Da indessen allgemein die größeren Brückenlasten in der Nähe der Kämpfer, die größeren Einflußflächen dagegen am Scheitel liegen, findet ein gewisser Ausgleich statt, und man kann sagen, daß die durch das Eigengewicht allein entstehenden Drehmomente und Scherbeanspruchungen nicht bedeutend sein werden.

Verschiebung der Widerlager.

Entgegengesetzt dem Sinne der Kräfte A, N, T, Y und Z erleide das linke Widerlager die Verschiebungen

$$\Delta\alpha, \quad \Delta\nu_a, \quad \Delta\vartheta_a, \quad \Delta\eta_a \quad \text{und} \quad \Delta\zeta_a,$$

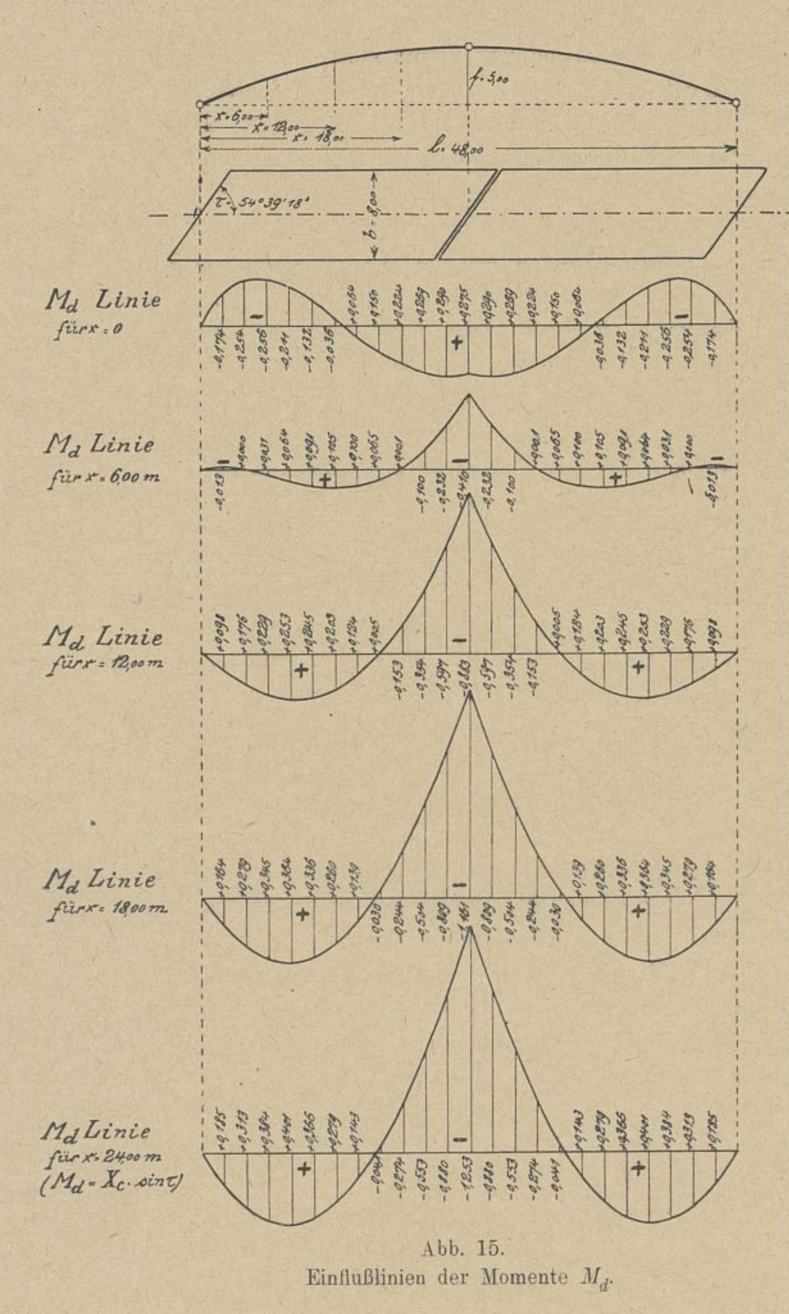


Abb. 15.
Einflußlinien der Momente M_d.

während die entsprechenden Verschiebungen bei dem rechten Widerlager

$\varDelta\beta$, $\varDelta\nu_b$, $\varDelta\vartheta_b$, $\varDelta\eta_b$ und $\varDelta\zeta_b$ seien.

Die virtuellen Arbeiten der Auflagerkräfte bei den Kraftzuständen $X_a=1$, $X_b=1$ und $X_c=1$ sind:

$$26)\left\{\begin{aligned} L_a &= -(\varDelta\vartheta_a+\varDelta\vartheta_b)+f(\varDelta\eta_a+\varDelta\eta_b)+\frac{l}{2}\cdot\sin\tau\,(\varDelta\zeta_a+\varDelta\zeta_b)\\ L_b &= -\varDelta\zeta_a+\varDelta\zeta_b\\ L_c &= -(\varDelta\eta_a+\varDelta\eta_b).\end{aligned}\right.$$

Die Arbeitsgleichungen zur Bestimmung der statisch Unbestimmten lauten:

$$L_a = X_a\cdot\delta_{aa}+X_c\cdot\delta_{ac}$$
$$L_b = X_b\cdot\delta_{bb}$$
$$L_c = X_a\cdot\delta_{ac}+X_c\cdot\delta_{cc}.$$

Hieraus ergibt sich

$$27)\;X_a=\frac{L_a\cdot\delta_{cc}-L_c\cdot\delta_{ac}}{\delta_{aa}\cdot\delta_{cc}-\delta_{ac}^2};\;X_b=\frac{L_b}{\delta_{bb}}\text{ und }X_c=\frac{-L_a\cdot\delta_{ac}+L_c\cdot\delta_{aa}}{\delta_{aa}\cdot\delta_{cc}-\delta_{ac}^2}.$$

Es möge nun angenommen werden, daß, wie die Abb. 16 zeigt, beide Widerlager in der Richtung, die die Gewölbeachse an den Kämpfergelenken hat, um das Maß $\varDelta\lambda$ nachgeben und sich parallel mit sich selbst verschieben; eine Drehung der Widerlager in den Ebenen der Momente Y und Z möge zunächst nicht stattfinden. Im Grundriß bewegen sich demgemäß die Gelenkachsen $a\,b$ und $c\,d$ um das Maß $\varDelta\lambda\cdot\cos\varphi_0$ nach $a'\,b'$ und $c'\,d'$. Bei dem statisch bestimmten Hauptsystem müssen daher die Scheitelecken o und q der linken Gewölbehälfte nach o'' und q'' und die Scheitelecken p und r der rechten Gewölbehälfte nach p'' und r'' herunterklappen. Man kann sich dies klar machen, wenn man in den Abb. 16 und 17 den Linienzug $o\,o'\,o''$ verfolgt, wo $o\,o'$ die Rückwärtsverschiebung um den Betrag $\varDelta\lambda\cdot\cos\varphi_0$ und $o'\,o''$ die Drehbewegung um die Kämpfergelenkachse $a'\,b'$ darstellt. Durch

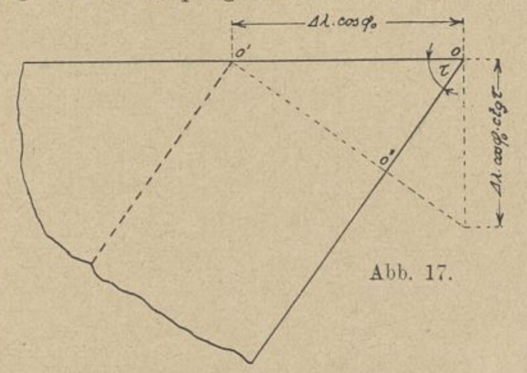


Abb. 17.

die statisch Unbestimmten X_a und X_c werden die Verschiebungen $o\,o''$, $p\,p''$, $q\,q''$ und $r\,r''$ rückgängig gemacht; die Folge ist, daß sich das Gewölbe verbiegt, in der Form, wie es in Abb. 16 schraffiert dargestellt ist. Es erhalten die stumpfen Gewölbeecken b und c Druckspannungen und die spitzen Ecken a und d entsprechend große Zugspannungen. Damit hängt es auch zusammen, daß mit einem Nachgeben der Widerlager in der Längsachse des Gewölbes stets, wie die Messungen bei dem Ausrüsten der beiden schiefen Seestraßenbrücken in Berlin-Plötzensee gezeigt haben, eine wagerechte Drehung $\varDelta\zeta_a$ und $\varDelta\zeta_b$ in der in der Abb. 16 angedeuteten Pfeilrichtung, entgegengesetzt dem Sinne der Kräfte Z_a und Z_b, verbunden ist. Es wird dann

$$L_a=-2\cdot\varDelta\lambda\cdot\cos\varphi_0\cdot\cos\tau+\frac{l}{2}\cdot\sin\tau\,(\varDelta\zeta_a+\varDelta\zeta_b),$$
$$L_b=0,\text{ wenn }\varDelta\zeta_a=\varDelta\zeta_b\text{ und}$$
$$L_c=0.$$

Ist $\varDelta\zeta_a=\varDelta\zeta_b=\dfrac{\overline{o\,o''}}{\sin\tau\cdot\frac{l}{2}}$ oder, da $\overline{o\,o''}=\varDelta\lambda\cdot\cos\varphi_0\cdot\cos\tau$,

$$\varDelta\zeta_a=\varDelta\zeta_b=\frac{\varDelta\lambda\cdot\cos\varphi_0\cdot\operatorname{ctg}\tau}{\frac{l}{2}},$$

so wird auch $L_a=0$ und damit auch $X_a=X_c=0$.

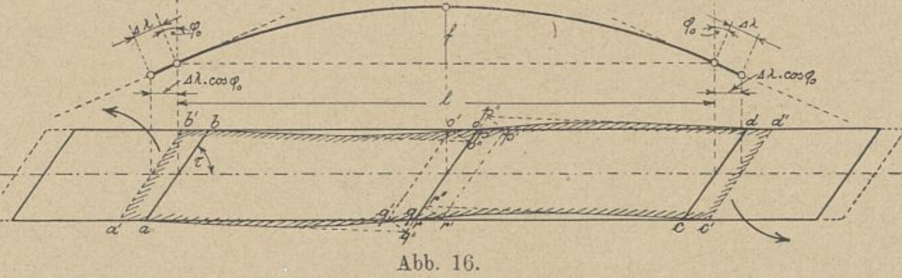


Abb. 16.

Aus Abb. 17 wird dies ohne weiteres erklärlich: Die Widerlager haben sich so weit gedreht, daß die Formänderung des Gewölbes, die anfänglich infolge der Parallelverschiebung der Widerlager eingetreten ist, sich wieder ausgeglichen hat. Diese Drehung der Widerlager wirkt also in weitem Umfange entlastend und hat zur Folge, daß die Spannungen, die in-

folge des Nachgebens der Widerlager eintreten, keinen zu hohen Betrag erreichen.

An einem bestimmten Zahlenbeispiel sollen diese Spannungen für das bisher behandelte Gewölbe von 48,00 m Spannweite, 5 m Pfeilhöhe und 8 m Breite näher untersucht werden. Es wird angenommen, daß sich die spitzen Ecken b und c der beiden Widerlager um je 1,6 cm und die stumpfen Ecken a und d um je 1,4 cm in der Verlängerung der Gewölbeachse, also im Sinne von $\Delta\lambda$ wie in Abb. 16, bewegt haben. Es gilt dann, wenn man beachtet, daß die Brückenbreite 8,00 m beträgt:

$$\Delta\vartheta_a = \Delta\vartheta_b = 0{,}015 \cdot \cos\varphi_0 \cdot \cos\tau,$$

$$\Delta\eta_a = \Delta\eta_b = \frac{(0{,}016 - 0{,}014) \cdot \sin\varphi_0 \cdot \sin\tau}{8{,}00} = 0{,}00025 \cdot \sin\varphi_0 \cdot \sin\tau,$$

$$\Delta\zeta_a = \Delta\zeta_b = \frac{(0{,}016 - 0{,}014) \cdot \cos\varphi_0}{8{,}00} = 0{,}00025 \cdot \cos\varphi_0.$$

Unter Benutzung der Gleichungen 26 wird:

$$L_a = -0{,}030 \cdot \cos\varphi_0 \cdot \cos\tau + 0{,}0005 \cdot f \sin\varphi_0 \cdot \sin\tau + 0{,}00025 \cdot l \cdot \cos\varphi_0 \cdot \sin\tau,$$

$$L_b = 0 \text{ und}$$

$$L_c = -0{,}0005 \sin\varphi_0 \cdot \sin\tau.$$

Setzt man die Zahlenwerte ein, dann findet man

$$L_a = -0{,}006123 \text{ und } L_c = -0{,}000163.$$

Mit den früher angegebenen Werten für δ_{aa}, δ_{cc} und δ_{ac} ergeben die Gleichungen 27:

$$X_a = -23{,}7 \text{ t}, \quad X_b = 0 \quad \text{und} \quad X_c = +2{,}43 \text{ tm}.$$

Die größten Beanspruchungen treten an den Kämpfern auf. Gleichung 2a liefert:

$$M_u = +X_a \cdot f \cdot \cos\tau - X_c \cdot \cos\tau.$$

Setzt man hierin die errechneten Werte für X_a und X_c ein, so wird $M_u = -70$ tm.

Aus Gleichung 3 findet man

$$M_v = -X_a \cdot \frac{l}{2} \cdot \sin\tau + X_c \cdot \sin\varphi_0 \cdot \sin\tau$$

und nach Einsetzen der Zahlenwerte

$$M_v = +465 \text{ tm}.$$

Die den Querschnittshauptachsen I und II entsprechenden Momente werden zu

$$M_{\mathrm{I}} = -70 \cdot 0{,}958 + 465 \cdot 0{,}287 = +66{,}5 \text{ tm}$$

$$\text{und } M_{\mathrm{II}} = +70 \cdot 0{,}287 + 465 \cdot 0{,}958 = +465 \text{ tm}$$

ermittelt, so daß sich mit den bereits früher angegebenen Widerstandsmomenten $W_{\mathrm{I}} = 1{,}005$ m³ und $W_{\mathrm{II}} = 8{,}78$ m³ eine größte Biegungspannung

$$\sigma = \frac{66{,}5}{1{,}005} + \frac{465}{8{,}78} = 66 + 53 = 119 \text{ t/m}^2,$$

d. s. rund 12 kg/cm², ergibt.

Mittels Gleichung 4

$$M_d = +X_a \cdot f \cdot \sin\tau + X_c \cdot \sin\tau \cdot \cos\varphi_0$$

erhält man $M_d = -95$ tm.

Das der Querschnittshauptachse I entsprechende kleinste Trägheitsmoment J_{I} ist 0,402 m⁴, die Gewölbestärke $h = 0{,}80$ m. Man errechnet daher eine größte Scherspannung von

$$\tau = \frac{3}{8} \, \frac{95 \cdot 0{,}80}{0{,}402} = 71 \text{ t/m}^2,$$

die in den Mitten der oberen und unteren Leibung auftritt.

Verhältnismäßig kleine Verschiebungen der Wiederlager haben demnach ziemlich beträchtliche Beanspruchungen zur Folge; die größten Spannungen treten an den Kämpfern auf.

Wärmeänderungen.

Wärmeänderungen gegenüber der Aufstellungstemperatur beeinflussen den Spannungszustand schiefer Dreigelenkgewölbe. Zur Ermittlung der statisch Unbestimmten dienen die Gleichungen

$$0 = X_a \cdot \delta_{aa} + X_c \cdot \delta_{ac} + \delta_{at}$$

$$0 = X_b \cdot \delta_{bb} + \delta_{bt}$$

$$0 = X_a \cdot \delta_{ac} + X_c \cdot \delta_{cc} + \delta_{ct}$$

Hierin sind δ_{at}, δ_{bt} und δ_{ct} die Wege der statisch Unbestimmten infolge der eintretenden Wärmeänderung. Sie sind bestimmt durch

$$\delta_{at} = \int \varepsilon \cdot t_0 \cdot N_a \cdot ds,$$

$$\delta_{bt} = \int \varepsilon \cdot t_0 \cdot N_b \cdot ds$$

$$\text{und} \quad \delta_{ct} = \int \varepsilon \cdot t_0 \cdot N_c \cdot ds.$$

Hierbei sind, wie weiter oben, mit

ε der Ausdehnungskoeffizient,

t_0 die Wärmeänderung gegenüber der Aufstellungstemperatur,

N_a, N_b und N_c die in dem Gewölbe herrschenden Normalkräfte bei den Zuständen X_a, X_b und $X_c = 1$ bezeichnet.

Bei dem Zustande $X_a = 1$ ist die Normalkraft

$$N_a = -\cos\tau \cdot \cos\varphi, \text{ daher}$$

$$\delta_{at} = -\varepsilon \cdot t_0 \cdot \cos\tau \int_0^l \cos\varphi \cdot ds = -\varepsilon \cdot t_0 \cdot l \cdot \cos\tau.$$

Bei den Zuständen $X_b = 1$ und $X_c = 1$ treten keine Normalkräfte auf, daher $\delta_{bt} = \delta_{ct} = 0$. Man erhält demnach:

$$X_a = -\frac{\delta_{at} \cdot \delta_{cc}}{\delta_{aa} \cdot \delta_{cc} - \delta_{ac}^2}, \quad X_b = 0 \quad \text{und} \quad X_c = +\frac{\delta_{at} \cdot \delta_{ac}}{\delta_{aa} \cdot \delta_{cc} - \delta_{ac}^2}.$$

Nimmt man nun wieder das frühere Beispiel mit den bereits bekannten Beiwerten δ_{aa}, δ_{cc} und δ_{ac} an, setzt weiter

$$\varepsilon \cdot E = 25 \text{ t/m}^2, \quad t_0 = 15^0,$$

so wird mit $J_v = 40{,}6$ m⁴ nach Ausführung der Zahlenrechnungen

$$X_a = +19{,}4 \text{ t} \quad \text{und} \quad X_c = -5{,}76 \text{ tm}.$$

Die größten Beanspruchungen infolge dieser Kräfte treten an den Kämpfern auf; sie sind mittels der Gleichungen 2a, 3 und 4 berechnet. Nach Durchführung der Zahlenrechnungen findet man für die Kämpfer:

$$M_u = +59{,}4 \text{ tm}, \quad M_v = -382 \text{ tm}, \quad M_d = +74{,}9 \text{ tm}.$$

Diesen Momenten entsprechen die größten Spannungen:

$$\sigma = 9{,}6 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{und} \quad \tau = 5{,}6 \text{ kg/cm}^2.$$

Die größte Scherspannung von 5,6 kg/cm² tritt in den Mitten der oberen und unteren Leibung auf.

Das schiefe Dreigelenkgewölbe wird durch Wärmeänderungen in ähnlich ungünstiger Weise wie der eingespannte Bogen beeinflußt. Je kleiner der Schnittwinkel und je flacher der Pfeil ist, desto mehr Aufmerksamkeit ist den Spannungen infolge einer Temperaturänderung zuzuwenden.

Zusammenfassung.

Das übliche Näherungsverfahren, bei dem das schiefe Dreigelenkgewölbe in gleicher Weise wie ein statisch bestimmter gerader Dreigelenkbogen untersucht wird, liefert brauchbare Ergebnisse für die Bemessung der Gewölbeform und der Gewölbestärken. Nur am Kämpfer muß man über die derart ermittelten Bogenstärken hinausgehen. Eine genaue Berechnung, wie sie vorgeführt ist, ist jedoch bei größerer Schiefe unerläßlich. Guter Baugrund ist notwendig. Je schiefer das Gewölbe ist, desto mehr ähnelt es in seiner Abhängigkeit von der Güte des Baugrundes dem eingespannten Bogen. Die Spannungen infolge Wärmeänderung dürfen nicht ver-

nachlässigt werden; dies wird um so notwendiger, je schiefer und je flacher das Gewölbe ist. In den Mitten der oberen und unteren Leibung treten beträchtliche Scherspannungen auf, die für symmetrisch zur Mittelebene angreifende senkrechte Lasten, Verschiebungen der Wiederlager und Wärmeänderungen nachgewiesen sind. Wie weit sie durch exzentrisch angreifende Lasten noch erhöht werden können, soll in einem späteren Aufsatz untersucht werden. Eine ausreichende Querbewehrung mittels kräftiger Verteilungseisen zur Aufnahme der Scherspannungen ist unbedingt erforderlich; zur Eisenersparnis können an den Gewölbestirnen die Verteilungseisen in größerem Abstande als in der Mitte des Gewölbes verlegt werden.

Kann der Bau einer schiefen Brücke nicht umgangen werden, so ist selbst bei flachem Pfeil eine genaue Prüfung der Frage vorzunehmen, ob die Errichtung eines schiefen Dreigelenkgewölbes gegenüber dem Bau eines schiefen Gewölbes ohne Gelenke und mit eingespannten Kämpfern noch irgendwelche Vorteile verspricht.

Zum Schluß möge noch erwähnt werden, daß die vorliegenden Berechnungen und Untersuchungen bereits im Jahre 1914 angestellt worden sind, daß aber infolge der Unterbrechung durch den Krieg der Verfasser erst jetzt in der Lage gewesen ist, die Abhandlung druckreif zu gestalten. Sollten in der langen Zwischenzeit ähnliche Untersuchungen aus diesem Gebiete, die dem Unterzeichneten nicht bekannt geworden sind, veröffentlicht sein und sollte dadurch der vorliegende Aufsatz an Interesse eingebüßt haben, so wird um gütige Nachsicht gebeten, daß er trotzdem gebracht worden ist.

Dr.-Ing. Walter Nakonz.

Über Sohlenwasserdruck bei Staumauern mit entwässerter Gründungsfläche.

Baurat Ziegler-Clausthal richtet an uns die Bitte um Aufnahme folgender Berichtigung, die wir infolge verschiedener Umstände erst jetzt erfüllen können.

Im Jahrgang 1919 Heft 7 bis 9 der Zeitschrift für Bauwesen findet sich in dem Aufsatz des Regierungsbaumeisters Link „Über Sohlenwasserdruck bei Staumauern mit entwässerter Gründungsfläche“ S. 528 eine „Urheberbemerkung“. Es wird mir darin schuld gegeben, daß ich den Begriff des Grunddreiecks und wesentliche Teile der von ihm angewandten Rechnungsweise und Formeln, ohne dies kenntlich zu machen, in meinen Aufsätzen in der Zeitschrift für Bauwesen 1917 Heft 1 bis 3 und 10 bis 12 aus einer Linkschen Broschüre, erschienen bei Julius Springer, Berlin 1910, entnommen habe. Hierauf ist zu erwidern:

1. Der Begriff des Grunddreiecks ist nicht von Link, sondern von Pelletreau, Annales des ponts et chaussées vom Mai 1894 zum ersten Male aufgestellt.

2. Es lag um so weniger Veranlassung vor, Link als Erfinder zu erwähnen, als auch ich in der ersten Auflage meines „Talsperrenbau“, Berlin 1900, Polytechnische Buchhandlung von A. Seydel, I. Teil S. 157 ein Dreieckprofil als Ausgang der Berechnungen mit den Worten empfohlen habe:

„Will man nicht einen der eben erwähnten oder einen bereits ausgeführten Querschnitt zugrunde legen, so halte auch ich die Annahme eines Dreieckprofils, wie solches S. 89 (Stau- und Mauerhöhe h) berechnet und abgebildet ist, als Ausgangspunkt der Untersuchungen für das Geeignetste. Für die Ausführung ist die Krone zu verstärken und durch eine wasserseitige Dossierung in gerader oder gebrochener Linie kostenlos eine Vermehrung der Masse durch die Wasser- und Erdauflast zu erzielen.“

Auf diese Stelle meines Buches ist auch in dem angefochtenen Aufsatz Z. f. B. 1917 Heft 1 bis 3 S. 528 hingewiesen.

3. „Die wesentlichen Teile der von mir angewandten Formeln und Berechnungsweise“, deren Linkscher Ursprung nicht zu erkennen sein soll, können nur in der Aufstellung der Momentengleichungen in bezug auf denselben Drehpunkt und mit ähnlichen oder gleichen Bezeichnungen, wie sie Link verwendet, bestehen.

Diese sind aber lange vor Link zur Berechnung von Staumauerquerschnitten angewandt und jedem Techniker geläufig. Überdies ist in meinen drei Aufsätzen in der Zeitschrift für Bauwesen 1916 Heft 7 bis 9; 1917 Heft 1 bis 3 und 10 bis 12 mindestens siebenmal auf Link und seine Broschüre hingewiesen. Auf die von mir widerlegte „Anwendung der Rechnungsergebnisse“ der letzteren kommt Link in seinem neuen Vorschlag für Staumauerquerschnitte (Zeitschr. f. Bauw. 1919, S. 517) mit keiner Silbe zurück. Seine Urheberbemerkung ist daher in jeder Beziehung überflüssig.

P. Ziegler.

Wir fügen die Antwort des Regierungsbaumeisters Link bei. [Die Schriftleitung.]

Auf die vorstehenden Ausführungen von Baurat Ziegler möchte ich nicht mehr im einzelnen eingehen. Das Ziel meiner „Urheberbemerkung“ ist aus ihrem Wortlaut deutlich zu ersehen. Im übrigen überlasse ich es dem Urteil der Leser, durch Vergleich meiner Abhandlung über die Bestimmung der Querschnitte von Staumauern aus dreieckigen Grundformen (1910) mit Zieglers Aufsatz aus 1917 festzustellen, ob und inwieweit ich zu jener Bemerkung Anlaß hatte.

Essen. Link.

Buchdruckerei des Waisenhauses in Halle a. d. S.